U.D.C. 55 (05)

# 地質調査所月報

第 17 巻　第 12 号

工業技術院地質調査所
42. 1. 5
図書室

目　　次

報　文

片田正人・大森貞子：領家帯の変成粗粒砂岩の化学成分……1（749）
大森江い・片田正人：塩基性岩との接触部でみられる
花崗岩の成分変化の1例……8（756）
高橋　稠・後藤隼次：佐賀・福岡県筑紫平野東部地域における
工業用地下水源……16（764）

概　報

石狩炭田北部音江山地域新城南部の地震探査について（市川）

資　料

珪酸塩岩石および天然珪酸塩の分光分析　主成分元素の定量（一国訳）

講演要旨

第6回エカフェ地質専門家会議および鉱物資源開発小委員会報告（関根）
第1回アジア沿海鉱物資源共同探査調整委員会について（嶋崎）　太平洋学術会議における課題討論会“太平洋地帯における鉱床の生成区と生成期”をきいて（小関）　第11回太平洋学術会議における第24番目の課題討論会“環太平洋造山運動の年代と性質”について（服部）　太平洋学術会議報告地質部門の“個人講演”をきいて（神戸）
太平洋学術会議報告　地球化学――組織委員として――（本島）　地質調査所における海外地質部門の問題点（佐藤）　松代群発地震調査研究報告（松代地震調査研究グループ）

総目次

工業技術院地質調査所

昭和41年12月

Katada, M.
Ohmori, T.

**領家帯の変成粗粒砂岩の化学成分**

片田正人・大森貞子

地質調査所月報，Vol. 17, No. 12, p. 749～755, 1966
4 illus., 3 tab.

長野県南部の領家帯の高変成粗粒砂岩の化学組成と鉱物組成を，非変成のものと比較して報告した。変成砂岩は，非変成砂岩に較べて，一般に，MgO，CaO，$CO_2$ が少ないが，これは，変成以前に存在していたドロマイトと方解石が，そのまま逃げ去つたためと思われる。また変成砂岩には，まれに，石灰質の部分がみられるが，ここでは CaO，MnO が多く，$Na_2O$，$K_2O$ などが少ない。この石灰質の部分は，変成作用の結果生じたものである。

552.4＋552.5(521.52)：543

Ohmori, E.
Katada, M.

**塩基性岩との接触部でみられる花崗岩の成分変化の1例**

大森江い・片田正人

地質調査所月報，Vol. 17, No. 12, p. 756～763, 1966
4 illus., 1 pl., 4 tab.

長野県南部の領家帯でみいだされた，花崗岩質マグマと塩基性岩との間の物質交換の例を報告した。ここには，花崗岩と塩基性岩（起源の片麻岩）との接触部に，特異な岩相の花崗岩質岩がみられる。この特異の岩相は，本来の花崗岩質マグマから $K_2O$ と $H_2O$ が減少し，CaO がマグマに富化されて生じたものである。

552.3：552.16(521.52)：543

Takahashi, S.
Gotō, H.

**佐賀・福岡県筑紫平野東部地域における工業用地下水源**

高橋　稠・後藤隼次

地質調査所月報，Vol. 17, No. 12, p. 764～783, 1966
13 illus., 7 tab.

佐賀県鳥栖市ならびに福岡県久留米市・筑邦町・大牟田市など，約40カ所あまりの工場を対象にして行なつた産業用水源の実態調査結果が記載されている。当調査地域内における地下水総取得量は，およそ 56,000m³/day また河川水は 138,000 m³/day である。筑後川右岸の沿岸平野に賦存する被圧地下水は，相当豊富な揚水量を期待できるが，工業用にはほとんどまだ未開発である。なお，久留米市の筑後川沿岸蛇行部地帯に賦存する被圧地下水は，水質的にやや劣つている。

551.49(522.1＋522.3)

Ichikawa, K.

**石狩炭田北部音江山地域新城南部の地震探査について**

市川金徳

地質調査所月報，Vol. 17, No. 12, p. 784～805, 1966
10 illus., 20 pl.

本調査は，原料炭田周辺の地質学的総合研究計画の一環であつて，原料炭田開発の資料を得る目的で，第1回を新城南部地区において行なつたものである。地震探査（磁気記録式反射法）の結果，新城南部地区の地下構造の大勢を知ることができた。すなわち一連する反射波から滝川層基底部は，水準下約120m～400m，石狩層群基底部の深度は水準下約1150m～1570m と，それぞれ推定することができた。また本測線（東西線）の全体的な地下構造の傾向は，測線東方の向斜軸によつて，東西に向かつて急昇斜および昇斜を示しているようである。

553.94：551.7(524)：550.834

Govindaraju, M. K.
tr. Ichikuni, M.

## 珪酸塩岩石および天然珪酸塩の分光分析
### 主成分元素の定量

M. K. Govindaraju　一国雅巳訳

地質調査所月報，Vol. 17, No. 12, p. 807～832, 1966
2 illus.

通常の分光器を用いる写真法と，ARL のカントメーターを用いる直読法についてペレット法による珪酸塩主成分元素の定量法を検討した。試料をホウ酸，炭酸リチウムで融解し，融成物を粉砕し，内部標準として酸化ニッケルを加え，グラファイト粉末と混合し，10t/cm² の圧力でプレスし，½φ のペレットをつくる。アーク放電，高圧および低圧スパーク放電を用いて実験の結果，直読法による高圧および低圧スパーク放電が良い再現性を有し，アルカリ金属元素を除いた珪酸塩の主成分分析が可能である。定量結果の検討には W-1，G-1 を用いた。

543.42.062：549.6

地化成技術研究所
昭和
42.1.5
図書室

報　　文

552.4+552.5(521.52) : 543

# 領家帯の変成粗粒砂岩の化学成分

片田 正人*　　大森 貞子**

# Chemical Composition of Metamorphosed Coarse-grained Sandstones in the Ryōke Metamorphic Belt

By
Masato KATADA & Teiko OHMORI

Abstract

The chemical composition of highly metamorphosed coarse-grained sandstones (graywackes) in the Ryōke metamorphic belt is studied. Most of metamorphosed sandstones are biotite gneiss, and some are calcareous gneiss, garnet-diopside-hornblende gneiss. In comparison with non-metamorphosed sandstones, both biotite gneiss and calcareous gneiss contain less amount of MgO and $CO_2$. The decrease of these components may be due to the bodily escape of dolomite and calcite which are common in the non-metamorphosed sandstones. Some amounts of MnO and CaO were introduced into the calcareous gneiss, while $Na_2O$ and $K_2O$ were deducted from it. It is quite possible that the calcareous gneiss was produced by the metasomatic metamorphism. A discussion on the process of forming the calcareous gneiss is briefly given.

## 要　旨

長野県南部の領家帯の最高変成部における変成粗粒砂岩の化学成分を，非変成のものと比較検討した。

その第1は，一般的な岩相（黒雲母片麻岩）に関してである。この岩相については，成分的に MgO, CaO, $CO_2$ が減少しており，鉱物学的にみると，ドロマイトの全部と方解石の一部がそのまま逸脱していると考えられる。

第2は石灰質の岩相，つまり，ざくろ石単斜輝石普通角閃石片麻岩に関してである。化学成分の変動として，MnO, CaO が増大し，MgO, $Na_2O$, $K_2O$, $CO_2$ が減少している。この石灰質の岩相は変成作用の結果生じたものである。その形成過程に関しても触れた。

## 1. 緒言および謝辞

この報文では，長野県木曽地方北部の領家帯における，粗粒砂岩（グレイワッケ）起源の高変成度の岩石に関して，主として化学成分の面から，2・3の事実と，それに対する考察を述べたい。すなわち，

1)　この地方の最高変成部に普遍的にみられる変成粗粒砂岩の化学成分を，非変成粗粒砂岩のそれと比較考察する。ただし，この最高変成部は，片田の変成分帯ではIII帯とされた珪線石の安定な帯である（KATADA, 1965）。

2)　III帯の変成粗粒砂岩には，まれに，特異な石灰質の部分が発達しており，その化学成分と成因の一端について報告する。

従来，わが国の砂岩および変成砂岩の化学的性質に関する資料は非常に少なかつたが，後に述べるように，磯見博と私達は，この地方の古生層の粗粒砂岩の化学成分に関して若干の検討を加えてきた。この小論で報告する事実も，従来の砂岩に関する化学的資料の不足の一部を補うことができると考えている。

なお，これをまとめるにあたつては，盛谷智之技官を始めとする地質部の方々や，化学課の竹田栄蔵課長・前田憲二郎室長からは，有益な御助言をいただいた。脱稿するにあたり，深く感謝の意を表する。

* 地質部
** 技術部

## 2. 非変成砂岩と変成砂岩との地質学的な比較

この報文に先だつて，礒見博と私達は，非変成の粗粒砂岩を含む古生層の化学成分を報告し，それに関して，すでに，いくつかの考察を加えた（KATADA, et al., 1963, 1964；ISOMI, et al., 1966）。それらの結果のうち，この報文に関係する重要な点は，次項でふれるように，この地方の非変成砂岩の化学成分とそのバラツキの程度が，ほぼ明確にわかつたことである。このバラツキは，肉眼的な性質がそうであるようにきわめて小さく，粗粒砂岩と互層する泥質岩の場合よりもはるかに小さい。この点は，これからの議論にきわめて好都合である。

つぎに，検討を要する点は，問題のIII帯の粗粒砂岩と，非変成帯の粗粒砂岩とを岩石化学的に同一視してよいかどうか，ということである。一般に，この地方の変成作用の特徴として，変成岩類に与えた擾乱作用が弱く，また変成粗粒砂岩の再結晶作用による組織の改変の程度が比較的低い。そして，中程度の変成度の所までは，野外および鏡下で，原岩の性質をかなりはつきり知ることができる。それによると，粗粒砂岩は，III帯の外側までは非変成帯におけると同じ堆積環境のもとに堆積したもので，非変成砂岩と同様の組織や鉱物組成をもつていたことがわかる。さらに，III帯内の変成岩の原岩の堆積環境も，非変成帯からIII帯の外側の地域にかけての堆積環境と，とくに異なつているという証拠はない。むしろ，同一であろうと考えられる。かつて，礒見・片田（1959）は，III帯の原岩と，その外側の地域の原岩とは同一層序として対比した。現在，同一層序とする証拠が完全に揃つているわけではないが，岩相上からみると，両地域の原岩の種類は，お互いにきわめて似ている注1）。

以上のような観点から，III帯の変成粗粒砂岩の原岩と非変成帯の粗粒砂岩と同一視してもかまわないと考えることができる。そして両帯の粗粒砂岩の化学成分を比較すれば，変成作用が化学成分値に与えた影響を知ることができるであろう。実は，この仮定がない限り，この報文の議論は無意味となるわけであるから，この仮定——蓋然性のきわめて高いこの仮定のうえにたつて議論を進めることにする。

また，この地域の粗粒砂岩は，泥質岩ないし細粒砂岩と明瞭な境界で接し，決して漸移することはない。強い変成作用をうけた場合でも境界は明確なことが多く，したがつて変成粗粒砂岩を，他から区別することは比較的容易である。ただし，片状構造の顕著な場合には，区別が困難なこともないでもない。このような例は，もちろんこの報文の考察から除いてある。

なお，この報文の試料の種類と，試料番号との対応をわかりやすくするために，最初に，両者の対応の一覧表を第1表にあげておく。

第1表　試料の種類と試料番号との対応

| 試料の種類 | | 試料番号 |
|---|---|---|
| 非変成砂岩 | 一般的な岩相 | 23，24，25 |
| | 片寄つた岩相 | 31，32，33，34 |
| 変成砂岩 | 一般的な岩相 | 26，35，36 |
| | 石灰質の岩相 | 27 |

## 3. 非変成粗粒砂岩の化学成分

非変成粗粒砂岩（グレイワッケ）の化学成分を第2表にあげた。その特徴をかいつまんで述べよう。

この地方の粗粒砂岩は，岩相がきわめて均質で，大半の場合，一枚の地層の内部においても，個々の地層を互いに比較した場合でもほとんど変化がない。

普通に認められる岩相——少なくとも全体の85%——の化学成分は，No. 23～25で代表される。この3者は，全く別の地点の，別の層準から採集したものであるが，成分値は非常によく似ている。もつとも変化のある成分は CaO と $CO_2$ であるが，これは炭酸塩鉱物の多少によるものである。

次に，片寄つた岩相を示す砂岩の分析値を No. 31～34に示す。しかし，片寄つたとはいつても，実際はそれほど大きな変動はみいだせない。やや顕著な変動のみられるものとしては，MgO，CaO，$CO_2$ があげられる。これは，やはり炭酸塩鉱物（方解石とドロマイト）の量のバラツキによるものである。No. 32の，$Al_2O_3$，$Fe_2O_3$，FeO が少ないのは，チャートの岩片と石英粒が多く，長石粒や緑泥石などが少ない岩相だからである。また，No. 32は，肉眼的にごくわずか風化作用の影響が認められたが，やはりそれは $Fe_2O_3$/FeO 比の大きなことに反映している。

注1）現在の予想としては，III帯の最北部は桑沢層に，中央部から南部にかけては横川層にそれぞれ相当すると考えている。両層とも低変成度の所から中程度の変成度の地域にかけて発達する地層である（地層名に関しては片田・礒見（1962）参照）。もしそうだとすると，この報文の No. 35, 36は横川層から，No. 26，27は桑沢層から採集した標本である。また粗粒砂岩の堆積環境は，礒見・片田（1959）によつて論じてある。

第2表　非変成粗粒砂岩の化学成分

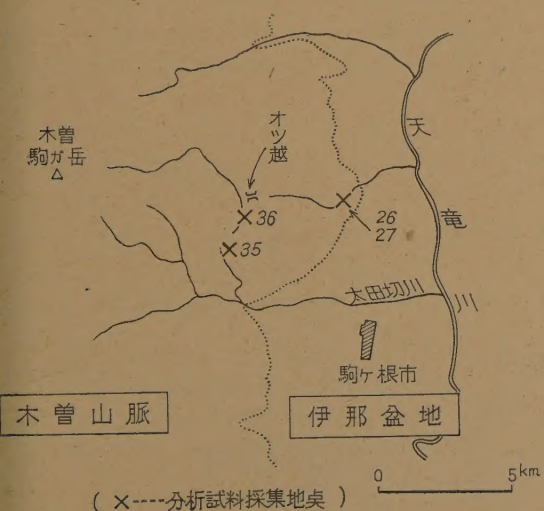
| | 23 | 24 | 25 | 31 | 32 | 33 | 34 | 平均値 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 72.62 | 74.40 | 69.60 | 72.40 | 77.74 | 75.72 | 72.26 | 72.56 |
| $TiO_2$ | 0.34 | 0.26 | 0.31 | 0.50 | 0.18 | 0.43 | 0.43 | 0.32 |
| $Al_2O_3$ | 10.54 | 9.75 | 11.31 | 11.32 | 7.29 | 10.22 | 11.00 | 10.45 |
| $Fe_2O_3$ | 1.05 | 0.78 | 0.76 | 0.91 | 0.89 | 0.82 | 0.73 | 0.86 |
| FeO | 1.51 | 1.17 | 1.11 | 2.62 | 0.66 | 1.75 | 1.62 | 1.32 |
| MnO | 0.07 | 0.01 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| MgO | 1.38 | 1.13 | 1.22 | 1.94 | 0.72 | 1.14 | 1.46 | 1.25 |
| CaO | 2.66 | 2.56 | 4.23 | 1.57 | 4.17 | 1.69 | 2.99 | 3.07 |
| $Na_2O$ | 2.44 | 2.63 | 2.96 | 1.83 | 1.56 | 2.06 | 2.41 | 2.57 |
| $K_2O$ | 2.92 | 3.01 | 2.66 | 3.16 | 2.14 | 2.96 | 2.98 | 2.86 |
| $P_2O_5$ | 0.18 | 0.10 | 0.13 | 0.11 | 0.07 | 0.11 | 0.14 | 0.13 |
| $H_2O+$ | 1.26 | 1.02 | 1.39 | 2.00 | 0.73 | 0.95 | 1.28 | 1.23 |
| $H_2O-$ | 0.40 | 0.20 | 0.18 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.22 |
| C | 0.14 | n.d. | 0.13 | 0.40 | 0.26 | 0.15 | 0.13 | 0.15 |
| $CO_2$ | 2.13 | n.d. | 3.49 | 1.29 | 3.28 | 1.88 | 2.41 | 2.72 |
| Total | 99.64 | 97.02 | 99.52 | 100.11 | 99.76 | 99.94 | 99.90 | 99.75 |

分析：大森江い，大森貞子
23～25：一般的な粗粒砂岩
31：マトリックスが泥質のもの。
32：チャート・チャート質粘板岩の細礫を含むもの。
33：粘板岩の細礫を含むもの。チャートの細礫は少ない。
34：やや粒度の細かいもの（中粒砂岩）。
平均値：分布の“重み”をつけた平均値。23～25が85%．31～34が15%分布するとして計算したもの。
分析試料に関する詳細は，Isomi et al.（1966）の報文参照。

## 4.　高変成粗粒砂岩の化学成分

### 4. 1　一般的な変成粗粒砂岩

最高変成部のⅢ帯には，粗粒砂岩からの変成岩は比較的多量にみいだされる。それは次項で述べる石灰質の岩




（×----分析試料採集地点）

第1図　位置図

第3表　変成粗粒砂岩の化学成分

| | 26 | 27 | 35 | 36 |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 78.24 | 74.73 | 78.62 | 79.03 |
| $TiO_2$ | 0.30 | 0.28 | 0.44 | 0.40 |
| $Al_2O_3$ | 10.82 | 10.91 | 10.45 | 10.81 |
| $Fe_2O_3$ | 0.48 | 0.35 | 0.81 | 0.55 |
| FeO | 1.84 | 1.87 | 1.48 | 1.63 |
| MnO | 0.07 | 0.19 | 0.04 | 0.04 |
| MgO | 0.08 | 0.74 | 0.89 | 0.94 |
| CaO | 2.13 | 8.51 | 1.24 | 1.68 |
| $Na_2O$ | 2.12 | 0.27 | 2.22 | 3.08 |
| $K_2O$ | 2.37 | 0.12 | 3.37 | 1.43 |
| $P_2O_5$ | 0.09 | 0.14 | 0.10 | 0.08 |
| $H_2O+$ | 0.64 | 0.75 | 0.64 | 0.39 |
| $H_2O-$ | 0.08 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| C | 0.16 | 0.64 | 0.08 | 0.03 |
| $CO_2$ | — | — | — | 0.02 |
| Total | 100.14 | 99.52 | 100.39 | 100.12 |

分析：大森江い・大森貞子
26：スペサルタイトを含む黒雲母片麻岩。
27：石灰質の部分。曹灰長石・石英・角閃石・単斜輝石・スペサルタイト，などからなる。
35・36：黒雲母片麻岩。
試料採集位置は第1図参照。

相を除けば，一般的にはいずれも弱い片理を示す黒雲母片麻岩である。太田切黒川林道傍（第1図）で採集した一般的の変成粗粒砂岩の分析値を，第3表の No. 35 と No. 36 に示す。No. 35 は石英・斜長石・正長石と少量の黒雲母，微量の白雲母からなる。No. 36 は石英・斜長石と少量の正長石・黒雲母および微量の白雲母・方解石からなつている。

この分析値で明白なことは，全般的には非変成岩によく似ているが，MgO，CaO，$CO_2$ だけは明らかに少ないことである。これが原岩のバラツキでないことは，No. 35，36 だけではなく，次に述べる No. 26 の場合にも共通して，同程度に少なくなつていることからわかる。

鏡下で観察してみると，分析値のある標本に限らず一般的に，非変成岩には炭酸塩鉱物がかなり多くみられるが，高変成度の変成岩では方解石がごく少量みられるにすぎない。普通のタイプの非変成粗粒砂岩（No. 23～25）では，炭酸塩鉱物の容量比は 4.4～9.9%（KATADA et al., 1936）で，種類は方解石とドロマイトである。両者の量比を，鏡下の観察とX線回折図のピークの高さから推定すると，方解石がドロマイトより多い。しかしドロマイトの2倍はないであろう。いまかりに，非変成岩の平均値（第2表右端）をもとにして，次のような計算をしてみよう。平均値では，$CO_2$ の量は 2.72% である。いま，この $CO_2$ が方解石に 1.72%，ドロマイトに 1% 配分されているものと仮定する。この配分は，実際の方解石とドロマイト中の配分と，それほど大きく違わないであろう。そうすると，これらの量に対応する，方解石の CaO は 2.19%，ドロマイトの CaO は 0.64% で MgO は 0.46% である。そして，ドロマイトがそのまま逸脱したとすると，MgO は平均値（1.25%）より 0.46% 少なくて約 0.8% になる。この値は，変成岩 No. 35，36 の MgO（0.89%，0.94%）に近い値になる。これは1つの仮定にもとづく計算であつて観念的なものにすぎないかも知れない。しかしながら，粗粒砂岩が強い変成作用を受けると，

i) 上記のように，確かに MgO，CaO，$CO_2$ が同時に少なくなり，鏡下では，ドロマイトがまつたくなくなる。

ii) ドロマイトは高変成度の所では不安定なはずである。

iii) ドロマイトに代わるべき角閃石や輝石が生じていない。

したがつて，ドロマイト全体が解離も反応もすることなしに，変成作用のために逸脱したと考える根拠はきわめて強いといえる。

方解石の場合は，全体の約半分がそのまま逃げ，残りの一部は白雲母と反応して斜長石になり（$CO_2$ が逸脱する），一部はそのまま残留したと考えれば分析値の CaO の減少量もほぼ説明つくし，以下にのべるような鉱物学的事実にも合致する。すなわち，

i) 高変成砂岩には，方解石は存在するがごく少量である。

ii) 白雲母も少量である。方解石も白雲母も，非変成ないし低変成砂岩には相当量存在する鉱物である。

iii) 斜長石は，非変成ないし低変成砂岩では，変質作用を受けたものが多く，量は，10%ないしそれを上まわる程度存在するが，高変成砂岩には，新鮮なものが 20～30%存在する。いずれの斜長石も大半は灰曹長石である。

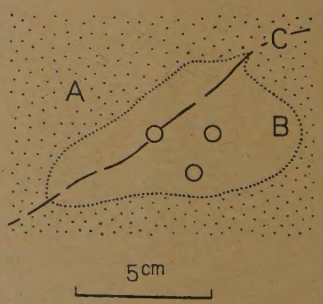
もう1つ No. 35，36 の分析値にみられる特徴は，$Na_2O$ と $K_2O$ の量である。すなわち，No. 35 は $K_2O$ がやや多く，No. 36 では $Na_2O$ が多く $K_2O$ が少ない。これらの値は，非変成粗粒砂岩の $Na_2O$，$K_2O$ の変動の範囲をわずかであるが上まわつている。しかし，この差が，変成作用のためなのか，原岩からそうであつたのかは判定がつかない。

なお，$H_2O$ と炭素の減少は，すでに変成粘板岩でみたことと同様である。また鉄の還元もみられる。しかしこの還元は，粘板岩の場合に比較するとあまりめだたない（KATAKA et al., 1963, 1964）。

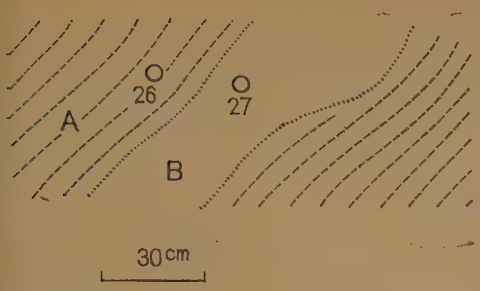
### 4. 2 石灰質の変成粗粒砂岩

特殊な石灰質の岩相は，オツ越東方約 3 km 付近の林道傍の3カ所の露頭でみいだした。（その後の調査によればこの付近には類似岩が多数見出された。）そのうち2カ所の露頭のスケッチを第2図と第3図に示す。

第2図は不規則形のもので，石灰質の部分には，曹灰長石・石英・角閃石・単斜輝石・方解石・ざくろ石が認




第 2 図　変成粗粒砂岩の石灰質の部分。塊状のもの。
A：黒雲母片麻岩
B：石灰質の部分
C：割れ目
丸印：ざくろ石採集部分




第3図　変成粗粒砂岩の石灰質の部分。層状のもの。
A：黒雲母片麻岩
B：石灰質の部分
丸印：分析試料採集部分。番号は第3表の番号に同様。

められる。正長石はほとんど認められない。このざくろ石は，前に報告したように，物理学的性質から推定した化学成分はきわめて異常である。第2図の丸印の3ヵ所のざくろ石を検討してみると，割れ目に沿つたものがグロシュラライト，他の2点のものはパイラルスパイトとグランダイトのほぼ中間の，それぞれ異つた成分をもつている注2)。後2者のようなざくろ石の組成は，世界的にみてもきわめて珍しいものである。

第3図の層状の石灰質の部分のざくろ石はスペサルタイトであること以外は，第2図の不規則形の石灰質の部分と同様の鉱物組成を示す。まわりの黒雲母片麻岩の部分は，微量のスペサルタイトを含んでいる点を除けば，先に示した一般的な変成砂岩 No. 35，36 と同様である。

化学分析は，第3図の丸印を付した No. 26，27 の部分を行なつた。この番号は分析試料の番号と同様で，No. 27 が石灰質の部分，No. 26 がそれに接する普通の部分である。No. 26 は，当然のことながら No. 35，36 に似ている。ただ，炭素がやや多い。これはおそらく，本来からの性質であろう。この点は No. 27 の場合も同様である。

問題の No. 27 では，一見してわかるように，化学成分はきわめて特異である。すなわち，MnO，CaO が異常に多く，MgO，$Na_2O$，$K_2O$，$CO_2$ が少ない。これらのうち MgO，$CO_2$ の減少は No. 35，36 の場合と同様にドロマイトが逃げたからであろう。CaO，$Na_2O$，$K_2O$ は，第2表の非変成砂岩のバラツキを，大きくはずれている。したがつて No. 27 のような成分値をもつ砂岩は，本来あり得なかつたことが推定される。

たとえば，第2表の非変成砂岩のうち，No. 32 は $Na_2O$（1.56%）と $K_2O$（2.14%）がもつとも少ないが，それでも，No. 27 の $Na_2O$（0.27%）の5倍以上，$K_2O$（0.12%）の17倍に達する。また No. 27 の CaO の 8.51% というのは，非変成岩でもつとも CaO の多い No. 25（4.23%）の約2倍である。以上のことを，鉱物組成にあてはめてみると，No. 27 のような粗粒砂岩がこの地方にまつたくみあたらないことがわかる。例えば，$Na_2O$ が 0.27% というのは，斜長石を2%程度しか含まない砂岩を想定しなければならないが，これは私達の経験からみると，まつたく有り得ないことである。$K_2O$ や CaO に関しても，カリ長石をほとんど含まない砂岩や，マトリックスの大半が炭酸塩鉱物である砂岩を考えなければならないが，これも有り得ないケースである。なお，MnO は，No. 27 以外ではすべて 0.01%～0.07% であるのに No. 27 では 0.19% に達している。これも異常な値といつてもよいのではなかろうか。

以上を要するに，No. 27 の MnO，MgO，CaO，$Na_2O$，$K_2O$，$CO_2$（および $H_2O$）の値は，変成作用の結果生じた値に相違ない。つまり石灰質の部分は，変成作用によつて新たに生じた岩相と考えざるを得ない。

なお，この地方の非変成砂岩には，石灰質のノジュールはまつたくみあたらない。したがつて，この石灰質の部分が，ノジュール起源であるということはないであろう。

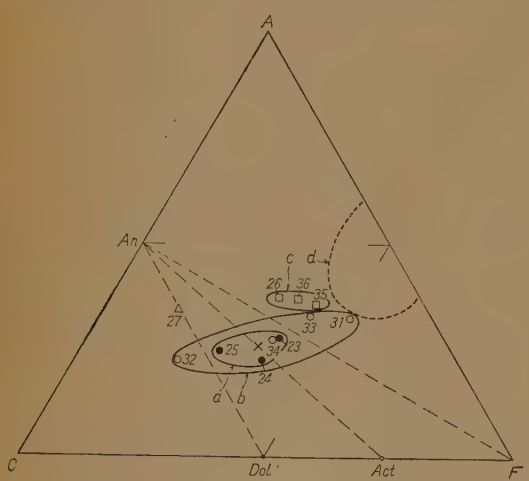
### 4. 3　石灰質の岩相の成因

以上述べたような，変成作用による石灰質の岩相の形成は大変興味のある事実である。しかしこれは，ここだけの例ではなく，多くの他の変成地域でも類似例が認められる。たとえば，日本で古くから知られた例では，鈴木醇によつて研究された日高変成帯南部のホルンフェルス中の石灰質団塊がある（Suzuki, 1934）。また，九州の鹿川花崗岩（大崩山花崗岩）の接触変成帯の砂岩中にも，やはり黒雲母ホルンフェルス中に私達の地域のものと同質の石灰質団球が発達する（野沢保，1953）。その他私達は，古生層・中生層中の接触変成帯中で，砂岩起源の黒雲母ホルンフェルス中に，直線状の（割目に沿つた？）角閃石・単斜輝石・方解石などからなる石灰質の部分を多数観察しているし，緑簾石を主とする変成砂岩中の団塊も北上山地でみいだしている。これらの諸例からみると，主として熱的影響を強く受けて生じた変成岩，とくに変成砂岩中には，カルシウムに富む鉱物が集合することはしばしばあるらしい。

注2)　これら3つのざくろ石は，以下のような物理学的性質をもつている。(Katada, 1965)
格子常数を a，屈折率を n とすると
i) a=11.85 Å，n=1.744（グロシュラライト），
ii) a=11.70 Å，n=1.775，
iii) a=11.76 Å，n=1.768。

問題は，今回の例の成因に関してであるが，これは現在の私達の知識では取り扱いかねる問題を多く含んでいる。しかし，上に述べた No. 27 の石灰質の部分の例を，石灰質でない No. 35，36，26 の例と関連させて考えると，次のような仮説がなりたつ。

4.1 の項で述べたように，粗粒砂岩が変成作用を受けると，一般に，その中に含まれていた炭酸塩鉱物の大半がそのまま，解離も反応もすることなく逃げるらしい。その場合はドロマイトの方が先に逃げるであろう。そしておそらく，細脈となつて逃げるに違いない。炭酸塩鉱物の細脈は石英脈とともに，この地方でも低変成度の部分で，粗粒砂岩に限らずしばしば認められる。その結果，残つた部分は，黒雲母で特徴づけられる変成岩になるはずである。なぜならば，粗粒砂岩では，非変成の状態においては，CaO 成分の大半が炭酸塩鉱物中に入つていて，そのほかでは斜長石にわずかに入つているだけである。したがつて，炭酸塩鉱物が逃げ去つた所には，カルシウムを含む鉱物はほとんど生じないであろう。もしなんらかの原因で，逃げた炭酸塩鉱物の細脈がある特定の所に集中しており，この部分の変成度（温度）が次第に上がれば，方解石は周囲の雲母・石英・ナトリウムに富む斜長石などと反応して，角閃石・単斜輝石・ざくろ石やカルシウムに富む斜長石などを形成するであろう。これがこの石灰質の岩相ではなかろうか。この例では，ドロマイトは関与していないことは前に述べたとおりである。しかし，もしドロマイトがあつたとすれば，それは石英と反応して角閃石や単斜輝石を生じたであろう。




第 4 図　ACF 図
a：一般的な非変成粗粒砂岩
b：片寄つた岩相の非変成粗粒砂岩
c：一般的な変成粗粒砂岩
27：変成粗粒砂岩の石灰質の部分
×：平均値
d：粗粒砂岩と互層する泥質岩ないし細粒砂岩の分布する範囲（Katada, 1965）.
なお，A=$Al_2O_3$+$Fe_2O_3$−($Na_2O$+$K_2O$)，C=CaO，F=FeO+MgO+MnO で，チタン石・燐灰石・鉄鉱などによる補正はしてない。
番号は第 2 表，第 3 表の試料番号と同様。

なお，蛇足ではあるが，各地の接触変成帯中の細脈状の石灰質部も，これと似たような経過で生じたに違いない。これに関しては，別にとりまとめて報告したい。

最後に，いままで述べてきた非変成および変成砂岩の分析値を Eskola の ACF 図にプロットしてみよう（第 4 図）。するとこの図のなかでは，非変成砂岩の分布範囲（a, b），一般的な変成砂岩の分布範囲（c），石灰質の変成砂岩 No.27，の 3 者に明瞭に区別される。ここで興味のある事実は，非変成粗粒砂岩の分布の約半分は，図の An–C–Act の三角形内にはいつているし，大半が An–C–F の三角形内にはいつていることである。したがつて，このまま変成作用をうければ，かなりのものが角閃石・輝石・ざくろ石・方解石やカルシウムに富む斜長石などからなる片麻岩になつてよいはずである。少なくとも大半のものに角閃石（図の Act）は生じていなくてはならない。しかし実際には，このような片麻岩はほとんどなく，図の c のように，A–An–F の三角形にはいつていると考えられる片麻岩がほとんどである。この事実も，変成粗粒砂岩からは方解石（図の C）やドロマイト（Dol）が逸脱していることを強く裏付けている。

なお，No.27 の位置を，この図だけからみれば，非変成砂岩に比較して，あまり異常な成分をもつていないようにみえる。しかし実際は，きわめて異常であることは前項で述べたとおりである。

## 文　献

1）礒見　博・片田正人(1959)：木曽山地北部の非変成古生層ならびに領家変成岩の堆積相についての考察，地調月報，vol. 10，p. 1037～1052

2）Isomi, H., Katada, M., Ohmori, E. & Ohmori, T. (1966)：Singular characteristics of chemical composition of the Permian graywacke from the Kiso mountains, central Japan. *Japan Assoc. Min. Pet. Econ. Geol. Jour.*, vol. 55, p. 145～159.

3）片田正人・礒見　博(1962)：5 万分の 1 地質図幅「伊那」および同説明書，地質調査所

4）Katada, M., Isomi, H., Ohmori, E. & Yamada,

T. (1963) : Chemical composition of Paleozoic rocks from northern Kiso district and of Toyoma clayslate in Kitakami mountainland : II. Chemical composition of psammitic rocks and basalts. *Japan Assoc. Min. Pet. Econ. Geol. Jour.*, vol. 50, p. 151～162.

5) KATADA, M., ISOMI, H., OHMORI, E. & YAMADA T. (1964) : Chemical composition of Paleozoic rocks from northern Kiso district and of Toyoma clayslate in Kitakami mountainland : Supplement. Carbon and carbon dioxide. *Japan Assoc. Min. Pet. Econ. Geol. Jour.*, vol. 52, p. 217～221.

6) KATADA, M. (1965) : Petrography of Ryôke metamorphic rocks in northern Kiso district, central Japan. *Japan, Assoc. Min. Pet. Econ. Geol. Jour.*, vol. 53, p. 76～90 ; vol. 53, p. 155～164 ; vol. 53, p. 187～204.

7) 野沢 保(1953)：宮崎県鹿川ホルンフェルス中の石灰質団球の形成について，地調月報，vol. 4, p. 305～312

8) SUZUKI, J. (1934) : Metamorphosed calcareous concretions in the hornfels at the southern coast of the Tokati province, Hokkaido *Hokkaido Imp. Univ., Fac. Sci Jour.*, Ser. IV, 2, p. 323～338.

552.3：552.16(521.52)：543

# 塩基性岩との接触部でみられる花崗岩の成分変化の1例

大森 江い*　　片田 正人**

# A Chemical Change of Granite in contact with a Basic rock

By

Ei Ohmori & Masato Katada

Abstract

A granitic rock of small scale having chemically and mineralogically unusual composition is found in biotite granite (granodiorite) near a boundary of granite and gneiss derived from a basic rock in the highly metamorphosed area of the Ryōke metamorphic belt. The unusual part is conspicuously rich in CaO, while poor in $K_2O$ and $H_2O(+)$, compared with the usual part (biotite granite). Mineralogically the unusual part contains hornblende and no biotite It is possible that the variation of these components was produced by a reaction between the granodioritic magma and the adjacent basic rock.

要　旨

この報告は，長野県南部，木曽駒ガ岳東方の領家変成帯中でみいだされた，花崗岩質マグマと塩基性岩との間に行なわれた物質交換の1例である。ここには，片麻岩化した塩基性凝灰岩に花崗岩が接触する露頭が一カ所あり，この接触部における花崗岩には優白色の特徴ある岩相がみられる。この優白色の部分と，この花崗岩の他の部分との化学成分を比較してみたところ，優白色部は，CaO，$K_2O$，$H_2O(+)$ の値が変化していることが判明した。この成分変化に対応して構成鉱物の変化も認められた。

## 1. 緒言および謝辞

私達の1人，片田は，木曽駒ガ岳東方の領家帯を調査中，花崗岩と塩基性凝灰岩起源の片麻岩との接触部で，花崗岩の一部に，異常な鉱物組成の岩相が発達するのをみいだした。この部分の試料に対して，大森が化学的な検討を加えて，この小論をまとめた。

まとめるに先だつて，地質部談話会の席上で報告した。その際，多くの方々から，きわめて有益な助言を得ることができた。脱稿するにあたり，それらの方々に感謝の意を表する。

* 技術部
** 地質部

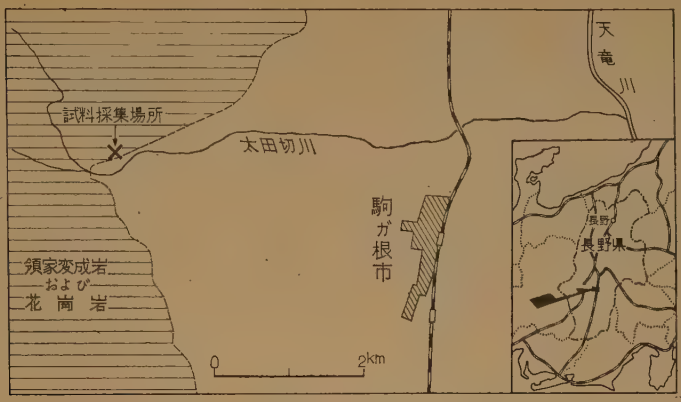
## 2. 野外における観察

試料採集場所は第1図に示される。ここは村山・片田（村山・片田，1957；Katada, 1965）によつて報告されているように，領家帯の片麻岩・ペグマタイトおよび花崗岩が分布する地域で，片麻岩は，変成度からいえば，珪線石や珪灰石を含む高変成度のものである。

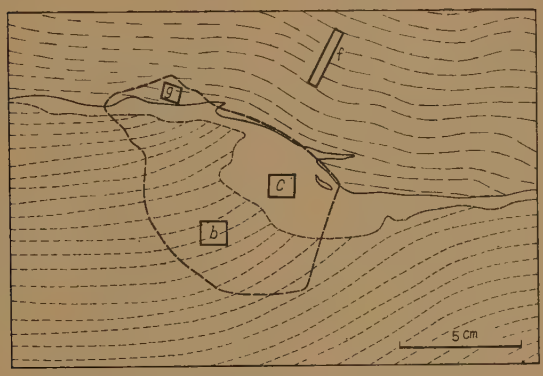
採集場所は，太田切川北岸の，かつて石英や長石を工業用に採掘した跡で，数年前までは，岩石の露頭は新鮮であつた。しかし現在では，大半が草木におおわれ，風化が相当進んでいる。この試料を採集したのは，1955年のことで，当時の状況をのべると以下のようである。

この場所は，幅15m以上，高低差15m以上の人工の露頭で，主として塊状のペグマタイトが露われている。このペグマタイトの中程に，厚さ約2mで，ゆるい傾斜をもつ塩基性凝灰岩起源の片麻岩が捕獲岩として含まれている。そしてさらに（おそらくペグマタイト形成以後）片麻岩中には，最大幅数10cmの太田切花崗岩が貫いている。

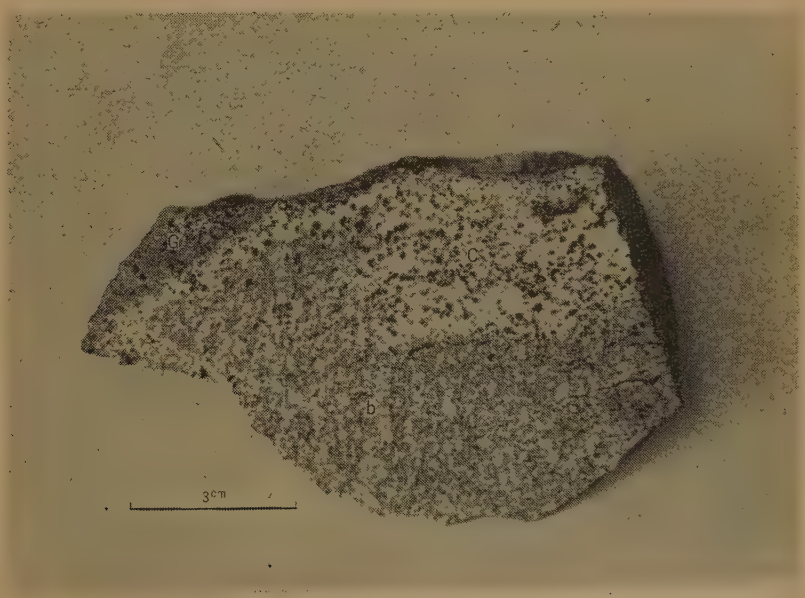
ここで問題にしているのは，太田切花崗岩に関してであつて，この花崗岩は，この付近の片麻岩の分布地域に，大小さまざまの規模で貫入しており，ここでみられるような小岩体も普通にみられる程度の規模である。この花崗岩には黒雲母を含む花崗閃緑岩質の岩相と，黒雲




第１図　位置図




第２図　分析試料を採集した露頭のスケッチ
b：太田切花崗岩（黒雲母花崗閃緑岩）
c：問題の優白色の岩相　　f，g：塩基性凝灰岩起源の片麻岩
b，c，f，g の位置は，分析試料の採集位置である。
破線部は図版１に示す。




図版１　第２図の破線部の標本

母・白雲母・ざくろ石を含むアプライト質ないしアダメロ岩質の岩相（以下アプライト質の岩相という）があり，この地点のものは花崗閃緑岩質のものである。一般に，花崗閃緑岩質の岩相には片理は認められないが，ここでは例外的に認められる。

試料を採集した露頭および試料の一部は第2図と図版1に示される。花崗岩と片麻岩は明瞭な境界で接する。そして境界に沿つて，花崗岩には，問題の優白色の岩相が数 mm ないし数 cm の幅で発達する。この岩相は黒雲母を欠き，角閃石がみられるもので，太田切花崗岩の他の部分ではまつたくみられないものである。もちろんアプライト質ではない。（ただし，塩基性岩起源片麻岩と太田切花崗岩と接する露頭は，ここ以外ではみいだしていない。）また，この優白色の岩相は，幅が一定せず，普通の岩相との境界がぼやけている部分もある。したがつてあとから貫入した岩脈とも思えない。それゆえ，この岩相は，花崗岩の一部が，壁岩の塩基性岩と物質を交換することによつて生じたものと考えざるを得ない。

### 3. 化学的考察

太田切花崗岩の花崗閃緑岩質の岩相の典型的なものはすでに公表してある（第1表（a））。そこで今回は，問題の優白色の岩相(c)と，それに接する部分の太田切花崗岩(b)の主要13成分を分析した（第1表）。同表(d)は，太田切花崗岩のアプライト質の岩相であり，(e)は，HATTORI, et al. (1960) によつて求められた日本の花崗岩440個の平均値である。

第1表 花 崗 岩 の 化 学 成 分

| | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 68.96 | 68.58 | 68.92 | 75.04 | 69.17 |
| $TiO_2$ | 0.48 | 0.24 | 0.34 | 0.12 | 0.39 |
| $Al_2O_3$ | 16.00 | 16.91 | 16.70 | 14.36 | 15.00 |
| $Fe_2O_3$ | 0.78 | 0.68 | 0.82 | 0.25 | 1.05 |
| FeO | 2.88 | 1.72 | 1.44 | 0.84 | 2.48 |
| MnO | 0.07 | 0.03 | 0.06 | 0.03 | 0.10 |
| MgO | 0.24 | 0.95 | 0.95 | 0.23 | 1.15 |
| CaO | 3.25 | 3.66 | 5.13 | 0.98 | 3.15 |
| $Na_2O$ | 3.54 | 3.81 | 4.26 | 3.56 | 3.45 |
| $K_2O$ | 2.59 | 2.99 | 1.20 | 3.77 | 3.01 |
| $P_2O_5$ | 0.17 | 0.11 | 0.10 | 0.08 | 0.13 |
| $H_2O+$ | 0.65 | 0.47 | 0.34 | 0.41 | 0.74 |
| $H_2O-$ | 0.14 | 0.04 | 0.01 | 0.13 | 0.30 |
| Total | 99.75 | 100.19 | 100.27 | 99.80 | 100.12 |

分析：大森江い・大森貞子（a～d）
(a)：太田切花崗岩；花崗閃緑岩，典型的なもの（村山・片田，1957）
(b)：太田切花崗岩；花崗閃緑岩，(c)の岩相に接する部分。
(c)：太田切花崗岩；塩基性凝灰岩起源の片麻岩に接する部分（問題の部分）。
(d)：太田切花崗岩；アプライト質の岩体（村山・片田，1957）
(e)：日本の花崗岩類の平均値（$SiO_2$ が55%より多いもの440個の平均；HATTORI, et al.,(1960)）

第2表 塩 基 性 岩 の 化 学 成 分

| | (f) | (g) | (h) | (i) |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 46.79 | 56.09 | 44.94 | 47.06 |
| $TiO_2$ | 2.31 | 1.83 | 3.22 | 1.11 |
| $Al_2O_3$ | 15.70 | 17.03 | 15.31 | 14.78 |
| $Fe_2O_3$ | 3.76 | 3.14 | 3.03 | 4.29 |
| FeO | 5.83 | 5.32 | 9.23 | 5.44 |
| MnO | 0.25 | 0.15 | 0.16 | 0.24 |
| MgO | 3.96 | 2.77 | 6.70 | 7.34 |
| CaO | 15.85 | 7.80 | 6.38 | 10.78 |
| $Na_2O$ | 2.60 | 3.90 | 4.15 | 4.17 |
| $K_2O$ | 0.70 | 0.92 | 0.40 | 0.31 |
| $P_2O_5$ | 0.35 | 0.11 | 0.48 | 0.09 |
| $H_2O+$ | 0.74 | 0.67 | 4.53 | 3.69 |
| $H_2O-$ | 0.01 | 0.05 | 0.35 | 0.45 |
| | $CO_2$=0.90 | | $CO_2$=0.79 | $Cr_2O_3$=0.05 |
| Total | 99.75 | 99.78 | 99.67 | 99.80 |

分析：大森江い・大森貞子
(f)：塩基性凝灰岩起源の片麻岩。単斜輝石・緑簾石（2次的）・角閃石・ざくろ石・方解石・斜長石を含む。
(g)：(f)に同様の片麻岩。ただし，角閃石・斜長石が多く少量の黒雲母を含む。
(h)：非変成塩基性岩（玄武岩）3個の平均（KATADA, et al., 1963, 1964）。2個は熔岩流で，1個は凝灰角礫中の礫。
(i)：北海道士別市産の，(h)に類似した玄武岩の枕状熔岩。（猪木，1958）

また壁岩は，黒雲母・角閃石・単斜輝石・ざくろ石・方解石など鉱物別の縞状構造を作つているため，岩石の“代表的な”分析値は得にくい。しかし参考までに，別別の部分から調製した試料の2つの分析値を第2表の(f)と(g)にあげる。(f)は黒雲母の縞を含まない試料の成分で，(g)は黒雲母の縞を含む試料の成分である。また(h)と(i)は，この地方より北西方の非変成地域で堆積岩類にはさまれる塩基性岩の分析値の3個の平均値（KATADA, et al., 1953；1954）と，北海道中央部の，やはり似た産状の塩基性岩の分析値（猪木，1958）である。(h)と(i)は，いわゆる輝緑凝灰岩に伴う熔岩流で，スピライト質の化学成分値を有している。この4者を比較してみると，ここの(f)と(g)の片麻岩も，(h)や(i)と同質の塩基性岩を原岩とするものであると考えてよいであろう。ただ，(f)は CaO が多すぎるようであるが，これは試料の採取がまずかつたことによるものであろう。ただし，(f)，(g)の原岩は，熔岩

ではなくて凝灰岩と推定されるが，凝灰岩とすれば石灰岩を伴つていた可能性もある。これらに関してはもつと詳しい議論も可能であるが，ここではかりに，(f), (g), (h) の平均的成分を，壁岩の代表的な化学成分として議論をすすめることにする。

まず最初に，問題の岩相（c）と，類似の化学成分を有する花崗岩類があるかどうか既存の分析値と比較検討してみることにする。第1表の（a），（b），（c），の分析値を比較してみると，$SiO_2$ の値にはほとんど差がみられない。岩相（a）と岩相（b）は，片理の有無を除けば，肉眼的にも外観が類似しているから差がないのも当然であるが，岩相（c）の場合にも $SiO_2$ の差はみられない。そこで $SiO_2$ の量を基準として他の成分を比較してみることにする。そのために，服部・野沢（1959）によつて集録されている1956年までの日本の花崗岩類の分析値のなかから，$SiO_2$ が68.22～69.62%（岩相（c）の $SiO_2$ 68.92% の ± 0.7% 以内）の岩体36個（全部）を選びだし，岩相（c）の分析値をもとにして，各岩石の成分の重量%の差を同一目盛でプロットし，直線で結んだのが第3図である。その際，岩相 (c) の分析値を結んだ線が，零線（直線）になるように座標を定めた。

この図でみると，岩相 (c) は，$Al_2O_3$ が他の花崗岩に比較して多い。しかしこれは，太田切花崗岩全体の特性で，とくに岩相 (c) だけの性質ではない。同様に $Fe_2O_3$ と FeO はこの花崗岩全体が比較的少ない。一方 $CaO$・$K_2O$ および $H_2O(+)$ は，（岩相 (a)，(b) では普通であるが，）岩相 (c) だけが特異な値を示している。

CaO は，他の花崗岩に較べてかけはなれて大きな値を示している。この値が岩相 (c) よりも多い岩石が唯1つあるがこれは，中国地方の花崗岩に伴う極所的な岩体で，原著者小倉勉 (1927) は長石斑岩 (Orthophyre)，その後村上允英は斜長斑岩 (Plagiophyre) と呼んでおり，日本の花崗岩質岩石としては特殊なものである。そして，岩相 (c) の成分と比較すると，$Al_2O_3$，$Fe_2O_3$，MgO，$Na_2O$ および $K_2O$ の値が大きく異なり，CaO は似ていても両者はまつたく異質の岩石である。

岩相 (c) の $K_2O$ はもつとも少ないグループに属する。ただし，岩相 (c) よりもさらに小さい値のものは2岩体知られている。それらは，丹沢山地のトロニエム岩質のものである (Shibata, et al., 1955)。ただしこのトロニエム岩の全成分を岩相 (c) と比較してみると，MgO, CaO および $Na_2O$ の量がかなり異なつた値を示しており，岩相 (c) とはやはり異質なものということができる。$K_2O$ が似たような値の他の2・3の花崗岩に関しても，似たようなことがいえる。また $H_2O(+)$ もとくに小さい値である。36個の花崗岩のうち，これより小さな値のものは1つしかない。

次に，念のため，岩相 (c) の成分を，太田切花崗岩のアプライト質の岩体の成分（第1表 (d)）と比較してみても，両者の差は明らかである。たとえば，$SiO_2$, CaO などのちがいがはつきりしている。

以上述べてきたことからわかるように，少なくとも日本の花崗岩類には，問題の岩相 (c) と類似した化学成分の花崗岩はみあたらない。このことは，次のようなグラフを書いて調べてみても同様である。たとえば，$CaO$・$K_2O$ および $H_2O(+)$ が，岩相 (c) のそれらと似ている深成岩を，分析集（服部・野沢, 1959；河田, 1962）から取りだしてみると，今度は $SiO_2$ や $Al_2O_3$ などが岩相 (c) とくいちがう（第4図）。

このような事実は，岩相 (c) が，他の一般の花崗岩とは成因を異にしていることを強く暗示している。つまり，マグマの分化作用だけで生じたとは考えるにしてはあまりにも例外的な化学成分をもつている。そして，野外での観察から推定したように，太田切花崗岩の一部が，塩基性岩起源の片麻岩と物質の交換をすることによつて生じた岩相であると考えざるを得ない。その際，CaO が加わり，$K_2O$ と $H_2O(+)$ が減つたことは確かであろう。

## 4. 鉱物組成の検討

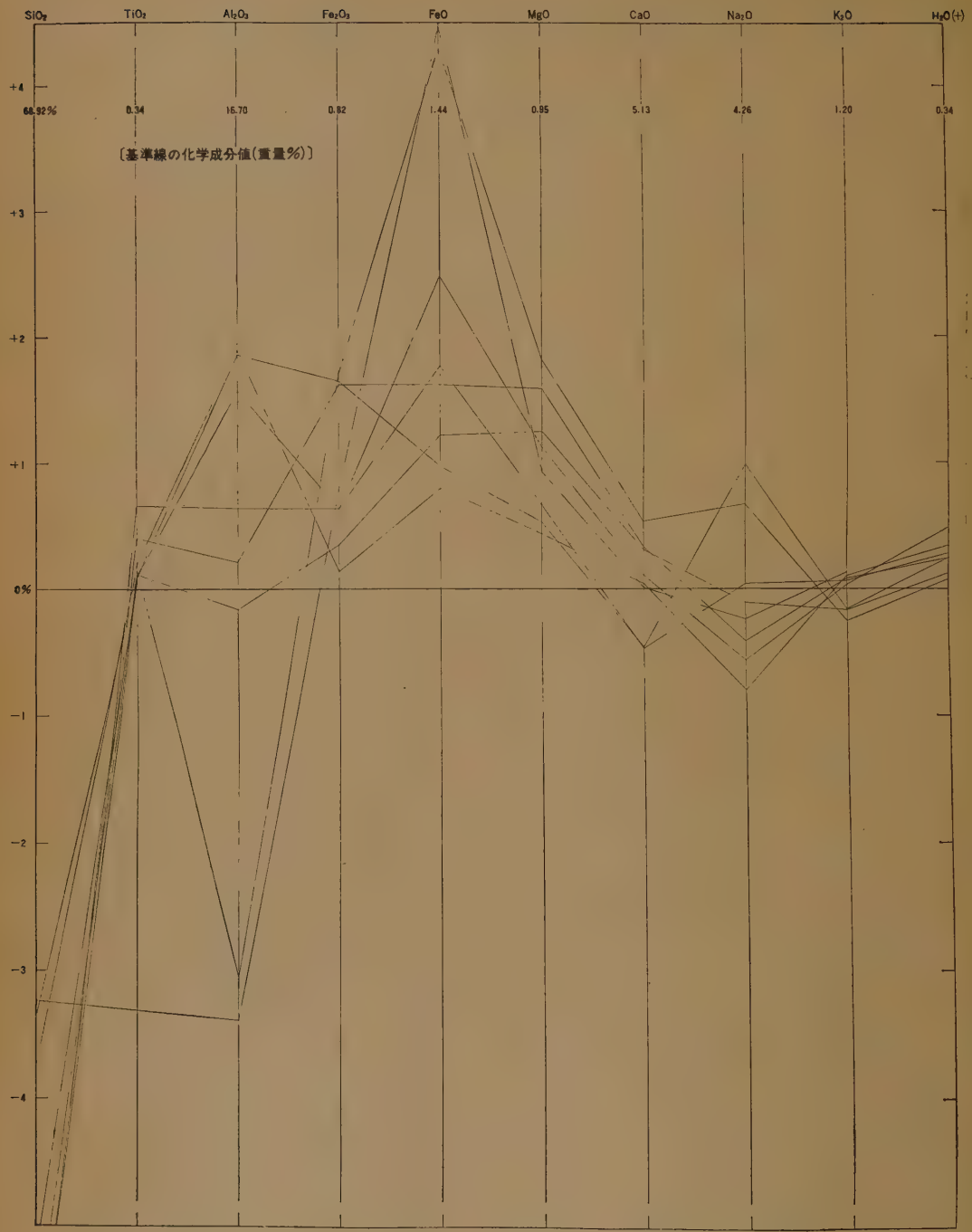
ポイントカウンター法によつて求めた，岩相 (a), (b), (c), (d) の鉱物組成を第3表に示す。鉱物のうち，カリ長石はポイキリチックまたはインターステイシャルの大型結晶が多く，若干の誤差はまぬかれないが，大体において，分析した試料の鉱物組成を示すとみてよいであろう。

岩相 (a), (b) は花崗閃緑岩としての組成を示している。問題の岩相 (c) は，CaO が増し，$K_2O$ と $H_2O(+)$ が減少していることに対応して，カリ長石が少なく，黒雲母は存在せず，角閃石がみられる。斜長石・カリ長石

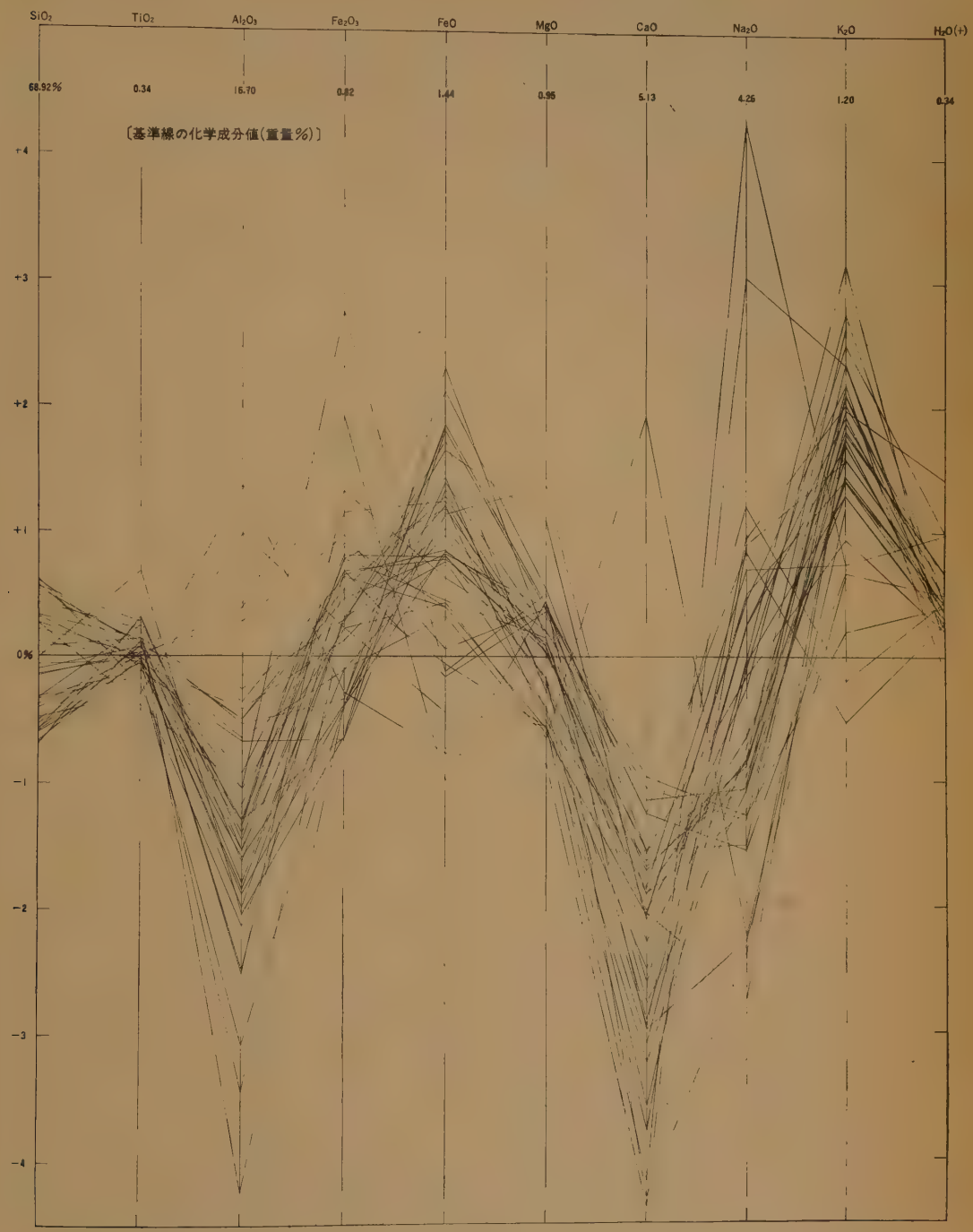
第3表　花崗岩の鉱物組成

| | (a) | (b) | (c) | (d) |
|---|---|---|---|---|
| 斜長石 | 49 | 55 | 61 | 39 |
| 石英 | 29 | 22 | 26 | 32 |
| カリ長石 | 8 | 12 | 3 | 20 |
| 黒雲母 | 14 | 11 | — | 5 |
| 角閃石 | — | — | 10 | — |
| 白雲母 | — | — | — | 4 |

(a)～(d) は，第1表の (a)～(d) にそれぞれ相当する。




第 3 図　太田切花崗岩の塩基性岩に接する部分（岩相 (C)）と，それに近似した $SiO_2$ の重量%を含む花崗岩との，化学成分の比較。太田切花崗岩の岩相（C）の成分値を零線に合わせ，他の花崗岩の各成分値との差を同一目盛で図示してある。




第 4 図　太田切花崗岩の塩基性岩に接する部分（岩相(C)）と，それに近似した CaO, $K_2O$, $H_2O(+)$の重量%を含む花崗岩との，化学成分値の比較。図示法は第3図に同様。

・石英の量比だけからみると典型的なトロニエム岩であるが，黒雲母が存在せず，角閃石だけが10%も存在するのは，通常のトロニエム岩にはみられないことである注1)。

ここで重要なことは，鏡下でみると，岩相 (c) の組織は，岩相 (b) の組織とあまり違わない。つまり岩相 (b) が広い意味で花崗岩質の組織であると同時に，岩相 (c) も花崗岩質組織を示している。そして，岩相 (c) がミグマタイト質であるという証拠や，壁岩を機械的に汚染しているという証拠はみられない。壁岩との境界は単純明瞭で，漸移的な関係もみられない。したがつて，物質移動は，花崗岩が完全に固化する以前に，顕微鏡以下の規模で行なわれたものと解される。

なお前に述べたように，壁の片麻岩は縞状構造を作つているため，片麻岩側の成分変化は確かめられなかつた。しかし，問題の岩相 (c) に接した部分には，黒雲母の存在が幾分めだつており，これは，花崗岩からの $K_2O$ および $H_2O$ 成分の付加を反映しているのかも知れない。

### 5. 他地域の例との比較

花崗岩と塩基性岩との接触部における現象は，各地で数多く観察されている。たとえば，両者の間のミグマタイト形成とか，塩基性岩による花崗岩の汚染とか，塩基性岩の花崗岩化作用とかいうような現象である。花崗岩を主体として考えた場合には，おもに汚染作用という面から研究されているのであるが，大半の汚染作用の記述例では，壁または捕獲岩の一部が機械的に分解されて，花崗岩中に散在していることが，肉眼または鏡下で認められている。たとえばこの付近でも，木曽駒花崗岩や伊奈川花崗岩にはしばしばこのような現象がみられる。しかし，今回のような，肉眼的にも，鏡下でも，機械的な汚染作用が認められないような例は私達も始めてであるし，文献としてもほとんど記述されていない。

また，上記のような，主として機械的な汚染作用の多くの記述のなかでも，化学分析値を示してある場合はきわめて少ない。そこで，古典的な例ではあるが，NOCKOLDS (1935) によつて研究された化学成分の変化を参照してみよう (第4表)。この例は，粗粒玄武岩によつて汚染された花崗岩の例である。この表から直ちにわかるように，汚染された岩相の大半の成分値が，壁岩と汚染されていない花崗岩との間の値を示しているのが大きな特徴である。そしておそらくは，各地でみられる汚染された花崗岩も，分析してみれば，似たような傾向を示すにちがいない。

第4表　汚染された花崗岩の化学成分

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 50.35 | 58.77 | 67.39 | 75.00 |
| $TiO_2$ | 2.40 | 1.74 | 0.78 | 0.22 |
| $Al_2O_3$ | 12.63 | 12.63 | 13.81 | 12.29 |
| $Fe_2O_3$ | 2.73 | 3.33 | 1.96 | 1.42 |
| FeO | 13.61 | 10.49 | 5.05 | 1.17 |
| MnO | 0.27 | 0.04 | 0.03 | tr. |
| MgO | 3.33 | 2.56 | 0.89 | 0.11 |
| CaO | 8.05 | 5.06 | 2.54 | 0.52 |
| $Na_2O$ | 3.28 | 2.38 | 3.19 | 3.78 |
| $K_2O$ | 1.26 | 2.17 | 3.74 | 5.10 |
| $P_2O_5$ | 0.52 | 0.46 | 0.02 | 0.05 |
| $H_2O+$ | 0.70 | 0.31 | 0.59 | 0.30 |
| $H_2O-$ | 0.90 | 0.26 | 0.09 | 0.22 |
| Total | 100.03 | 100.20 | 100.08 | 100.18 |

(1)：壁岩，粗粒玄武岩。
(2)：汚染された花崗岩。
(3)：汚染された花崗岩。
(4)：汚染されていない花崗岩。
NOCKOLDS (1935) による (一部を転載)。

一方私達の例では，それとはかなり異なつた状態を示している。このことは，岩相 (c) と第1表の岩相(a)，(b) および第2表の壁岩の分析値とを比較してみれば，明瞭である。すなわち，岩相 (c) の成分中，岩相 (a)，(b) と壁岩との間の値をとつていることのはつきりしているのは，わずかに CaO だけであつて，$K_2O$，$H_2O$ (+) は壁岩の成分に関係なく移動したようにみえる。すなわち，岩相 (c) の場合の移動した成分はむしろ，選択的なものであり，他の例のような，単純な機械的な混合ではない。

### 追　記

石灰質岩石と花崗岩質マグマとの間の反応は，スカルンの形成に関連して，いくつか知られている。最近，次の論文に紹介された現象もこの種の例であり，私達の例とかなり類似した点が多い。

VILLAR-FABRE, G. F. & QUARTINO, B. J. (1966) : Exomorphic and endomorphic effect from marble-contaminated granite contacts in the

注1) 岩相(b)と(c)の間で，実際に測定した色指数 (10および11) にほとんど差がないにもかかわらず，肉眼的には岩相 (b) の方が暗色にみえる。これは岩相(b)の黒雲母の方が，岩相(c)の角閃石より小型で，数多く散在していることによるのであろう。したがつて，この報文で，岩相(c)を“優白色”の岩相と呼んだのは，単に外観だけによつたものである。

"San Miguel" Quarry, Barker, province of Buenos Aires, Argentina. *Am. Jour. Sci.*, vol. 264, p. 310～320.

## 文　献

1）服部　仁・野沢　保(1959)：本邦産花崗岩質岩石の化学成分，地質調査所

2）Hattori, H., Nozawa, T. & Saito, M. (1960) : On chemical composition of granitic rocks of Japan *Rep. International Geol. Congr.*, XXI Session, Norden.

3）猪木幸男(1958)：5万分の1地質図幅「幌加内」および同説明書，地質調査所

4）Katada, M., Isomi, H., Ohmori, E. & Yamada, T. (1963) : Chemical composition of Paleozoic rocks from northern Kiso district and of Toyoma clayslate in Kitakami mountainland : II. Chemical composition of psammitic rocks and basalts. *Japan Assoc. Min. Pet. Econ. Geol. Jour.*, vol. 50, p. 151～162.

5）Katada, M, Isomi, H., Ohmori, E & Yamada, T. (1964) : Chemical composition of Paleozoic rocks from northern Kiso district and of Toyoma clayslate in Kitakami mountainland : Supplement. Carbon and carbon dioxide *Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol. Jour.*, vol. 52, p. 217～221.

6）Katada, M. (1965) : Petrography of Ryôke metamorphic rocks in northern Kiso district, central Japan. *Japan Assoc. Min. Pet. Econ. Geol. Jour.*, vol. 53, p. 76～90 ; vol. 53, p. 155～164 ; vol. 53, p. 187～204.

7）河田学夫(1962)：地質調査所化学分析成果表1（岩石・鉱物），地質調査所報告，no. 195

8）村上允英(1960)：中国地方西部における白亜紀及び第三紀火成活動，山口大学理科報告，vol. 11, p. 21～126

9）村山正郎・片田正人(1957)：5万分の1地質図幅「赤穂」および同説明書，地質調査所

10）Nockolds, S. R. (1935) : Contributions to the petrology of Barnavave, Carlingford, I. F. S. 1. The junction hybrids. *Geol. Mag.*, vol. 72, p. 289～315.

11）小倉　勉(1922)：7万5千分の1地質図幅「山口」および同説明書，地質調査所

12）Shibata, H. & Okada, S. (1955) : Chemical composition of Japanese granitic rocks in regard to petrographic provinces. Part II. --Principal elements-- *Tokyo Kyoiku Daigaku, Sci. Rep.*, Section C, no. 31, p. 141～161.

551.49 (522.1+522.3)

# 佐賀・福岡県筑紫平野東部地域における工業用地下水源

高橋 稠* 後藤 隼次**

# Ground-water Resources for Industry in the Eastern Part of Chikushi Plain, Saga and Fukuoka Prefectures

By

Shigeru Takahashi & Hayaji Gotō

Abstract

The investigation of the ground-water resources was carried out in Tosu, Kurume and Chikuho cities on the middle reaches of Chikugo river.

The total amount of ground water utilized for industry is 232,200 cubic meters a day in this area. Of this, about 55,600 cubic meters a day is supplied from the artesian water and 138,000 cubic meters, from the river flow.

On the middle reaches of Chikugo river basin, the artesian water is recharged from Hōman river and Sada river flows. On the right side of Chikugo river at Tosu city, the ground water in the diluvial sediments of 70～90 m in thickness is supplied from the small rivers, and withdrawal of a well is about 1,500～2,000 cubic meters a day. At Tosu city, the depth of industrial wells is 20～60 m, and the pumping rate of a well is about 100～400 cubic meters a day. In this part, the ground water is recharged from the infiltration of rainfall on the northwest part. In Chikuho and south side of Kurume districts, the depth of the artesian wells is 50～170 m, and pumped wells of 10～12 inches in hole size yield 600～1,500 cubic meters a day. These artesian waters are recharged from the infiltration of rainfall on the hilly land of the southern background.

As the Ōmuda district is underlain by non-ground water bearing beds, the water for industrial uses is supplied from the river water in Kumamoto prefecture. The water quantities of industry and public water-supply amount to about 50,000 cubic meters a day from the Kikuchi river.

## 要　旨

1) 佐賀県鳥栖市および福岡県久留米市など筑紫平野東部地域における工業用地下水源についてのとりまとめを行なつた。

2) 調査地域内における用水総取得量は，およそ232,200m³/day である。このうち深井戸による地下水は 55,600m³/day，また河川表流水は 138,000m³/day，その他が 38,600m³/day 利用されている。

3) 筑後川中流域沿岸平野に賦存する被圧地下水は，主として宝満川・小石原川および佐田川など筑後川支川によつて広く涵養されている。

4) 鳥栖市の筑後川沿岸平野における被圧地下水は，深度 70～90m 程度で 1 井あたり 1,500～2,000m³/day の揚水量が可能であり，相当豊富な水量を期待することができる。

5) 鳥栖市における工業用水源は，いずれも深度 20～60m 程度の深井戸に依存しており，1 井あたりの平均揚水量は 100～400m³/day 程度である。これら被圧地下水は，いずれも北西部の花崗岩地帯における天水によつて供給されている。

6) 筑邦町および久留米市南部地区における地下水は，深度 50～170m 程度で 1 井あたり 600～1,500 m³/day の揚水量が可能である。これらの地下水は南東

* 応用地質部
** 技術部

部の背面丘陵地が，水源地帯となつており，広く降水によつて養われている。

7）福岡県大牟田地区の地下水は，深井戸による期待が得られないため，工業用水および都市用水などは，いずれも熊本県内の水源に依存しており，菊池川の表流水 50,000m³/day 程度を導水している。

## 1. 緒　言

筑後川は福岡・佐賀および大分県にまたがる九州第一の河川であるが，台風や梅雨期には年々洪水などによる被害がきわめて大きく，たびたび米作地帯に甚大な打撃を与えている。なかでも久留米市沿岸地帯における水害はとくにひどく，古くは藩政時代から筑後川における治水対策は大きな問題であつた。最近北九州を中心とする工業地帯の発展に伴つて，筑後川の水資源開発が進められ，それぞれの立場から開発構想が考えられている。

このたび地質調査所では工業用水法等の関連調査の一環として筑後川中流域沿岸平野をとり上げ，産業用地下水の開発規模などの現地調査を行なつた。今回の調査は主として佐賀県鳥栖市ならびに福岡県久留米市など，筑紫平野東部地域を対象にして水資源の総合的調査を行なつたもので，この報告はその調査結果をとりまとめたものである。これら基礎資料が今後の工場立地計画などに活用され，参考になればさいわいである。

なお，この調査にあたり，いろいろと御協力いただいた関係工場各位・各市町村当局ならびに佐賀県企画室・福岡県商工課に対し厚く感謝の意を表したい。

## 2. 調査規模

調査範囲　佐賀県鳥栖市および福岡県久留米市・筑邦町など筑後川沿岸平野にかけての一円。福岡県大牟田市域一円（関係地形図 5 万分の 1，甘木・久留米・大牟田・長州参照）

調査期間　昭和 39 年 11 月 4 日～24 日

調査対象巡検数　40 ヵ所

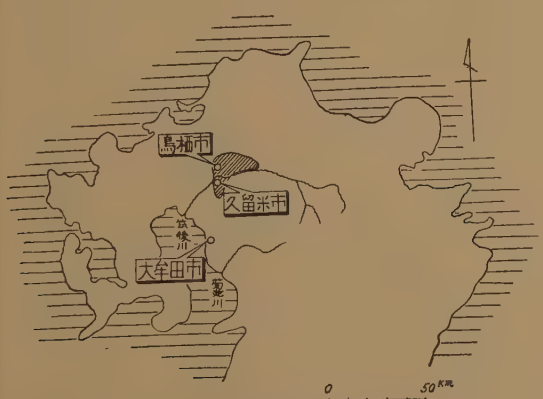
収集したさく井地層図　25 本

水試料の化学分析　43 点

調査担当者

工業用水に関する総括的調査　高　橋　　稠

水質の化学分析とりまとめ　後　藤　隼　次

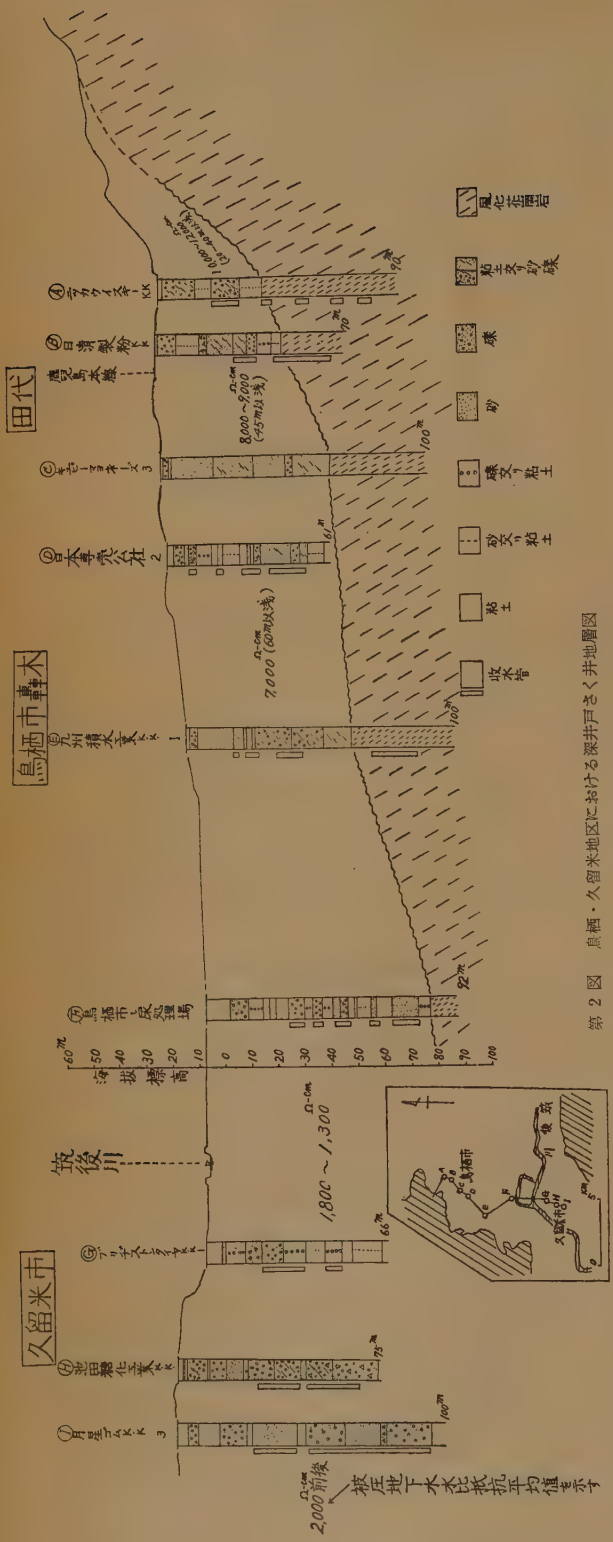



第 1 図　調 査 位 置 図

## 3. 地形および地質

筑後川は全長 138km，流域面積 2,860 平方 km で，調査地域内において宝満川・小石原川・佐田川など多くの支川が合流している。これらは北～北東部山地にその水源を発しており，いずれも筑後川右岸側に流入し，これらを合流して筑後川は広く筑紫平野をかんがいし遠く有明海に注いでいる。久留米市は耳納山系の末端にあたつているが，この西側は筑後川を挟んで，佐賀県千栗丘陵地との間に，幅 1 km に達する狭窄部を作つている。なお，河川の勾配はきわめて緩いため，台風などによる洪水が久留米―千栗間狭窄部を通過するとき，局部的に水位が上昇し，筑後川の堤防決壊など水害をもたらす原因となつている。なお久留米―千栗間狭窄部の標高は，平均 6～7 m 程度であるが，これより上流に向かつて，海抜 10m たらずの沖積平野が袋状にひろがつており，周囲山地にかこまれた盆地を形成している。これら筑後川中流平野は，もともと有明海に続く内海であつたが，宝満川・小石原川および佐田川などの筑後川支川によつて土砂が搬出され，現状が形成された堆積盆地と考えられる。

鳥栖市の西側における丘陵地は，主として花崗岩類によつて構成されている。また国道 34 号沿線（長崎街道）における朝日山付近にかけては角閃石英片岩および花崗岩類などを主体としている。鳥栖市平野部における地下地質は，黄褐色粘土および花崗岩質砂層などからなつている。深井戸のさく井記録によると，これらの層厚は 60～100m 程度であり，いずれも浸透性のよい花崗岩質砂層が大半を占めている。下部は砂層となつているが，実際は風化した花崗岩層であつて，ここにストレーナをほどこし，地下水を収水している。これらの深井戸における花崗岩到達深度は，鳥栖市田代町国道 34 号沿線で 40～65m，轟木町工業団地では 60～65m 程度である。鳥栖市儀徳町付近における深井戸では，深度 40～50m 程度で硬質基盤岩に達している。また筑後川沿岸の新浜地先における深井戸では深度 85m 前後である。なお日




第 2 図　鳥栖・久留米地区における深井戸さく井地層図

本専売公社など鳥栖市街地における深井戸では，深度 60m でまだ花崗岩風化層らしきものに到達していない。

大刀洗および甘木地区には洪積台地が発達しているが，比高 3～7 m 程度の段丘地形を構成している。これら洪積台地における深井戸資料によると，全体的に粘土質の地層からなつているが，中部では砂礫に富む部分が多い傾向にある。なお大刀洗町および甘木市など洪積台地における基盤岩到達深度は，花立山周辺部で 40～70m，大刀洗旧飛行場跡付近で深度 70～90m，また沖積平野部においては，ほとんど 100m 以深におよんでいる。

甘木・大刀洗地区など北部における背後山地は，古生層基盤岩によつて構成されており，主として緑色片岩および雲母片岩など変成岩類からなつている。また大刀洗町北方の花立山（城山）以西では主として花崗岩類が分布している。

一方，久留米市および筑邦町など南部地区にかけては，標高 10～15m 程度の洪積段丘が発達している。工場の深井戸資料によると深度 60～160m 間において地下水が収水されている。これらの地質は主として砂礫層ならびに粘土層を主体とする互層から構成されている。なお，久留米市東方における耳納山などの背面山地は，結晶片岩を主体とする古生層基盤岩によつて構成されている。

## 4. 水利用の現況

調査地域内における用水取得量ならびに深井戸などの利用現況は第 1 表・第 2 表に示すとおりであるが，これら調査対象施設は全部でおよそ 40 カ所あまりに達している。なお鳥栖・久留米両地区における用水総取得量はおよそ 126,280m³/day，大牟田地区においては 105,900m³/day 程度である。このうち深井戸・浅井戸などによる地下水総取得量はおよそ 56,000m³/day，また河川表流水の取得量は 138,000m³/day である。

### 4.1 鳥栖市

当地区における工業用水源は，いずれも深井戸による被圧地下水に依存しており，工場などにおける揚水量はほとんど小規模なものばかりである。キューピーK.K.鳥栖工場においては深度 60～100m の深井戸 4 本により，合計 900～950m³/day の地下水を揚水している。日本専売公社鳥栖工場では，深度 60m あまりの深井戸 4 本で 800m³/day（夏期 1,050 m³/day）程度の地下水が揚水されている。これら

第 1 表　調査地域内における用水取得状況

| 地区 | | 調査対象 | 用水総取得量 (m³/day) | 被圧地下水 (m³/day) | 自由面地下水 (m³/day) | 河川水 (m³/day) | 再利用水 (m³/day) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 佐賀県 | 鳥栖市 | 19 | 7,060 | 7,060 | — | — | — |
| 福岡県 | 甘木市 | 2 | 400 | — | 400 | — | — |
| 〃 | 小郡町 | 1 | 400 | 400 | — | — | — |
| 〃 | 大刀洗町 | 2 | 170 | 150 | 20 | — | — |
| 〃 | 筑邦町 | 5 | 7,650 | 6,650 | — | 1,000 | — |
| 〃 | 久留米市 | 13 | 110,600 | 20,450 | — | 52,000 | 38,150 |
| 〃 | 大牟田市 | 2 | 105,900 | 20,900 | — | 85,000 | — |
| 総計 | | 44 | 232,180 | 55,610 | 420 | 138,000 | 38,150 |

昭和 39 年 11 月現在

両工場における地下水の揚水規模は，鳥栖地区のうちでとくに大きいものである。日本エタニツトパイプK. K. における深井戸の揚水量は，とくに豊富であり 1 井で平均 800m³/day を収水している。これはおそらく大木川の表流によつて供給を受ける地下水と考えられる。しかし夏期における運転水位は，深度 26m にも低下し，揚水量が減少するため用水は不足ぎみになるといわれる。このほかサロンパス久光 K. K. ・日清製粉 K. K. および九州積水工業 K. K. などにおいては，それぞれ深度 70～100m 程度の深井戸により，200～300m³/day の地下水が利用されている。これら国道 34 号沿線の鳥栖市北西部における深井戸は，いずれも水位低下による揚水量の減退がめだつている。しかし鳥栖市南部の沖積低地における地下水は，揚水量が比較的豊富である。筑後川沿岸の新浜地先における鳥栖市し尿処理場では，深度 92m の深井戸により 1 井あたり 1,300m³/day あまりの地下水が得られている。

鳥栖市にはまだ上水道の設備がなく，現在酒井西・東などに数カ所の簡易水道水源が設けられているにすぎない。これらの使用量はほとんど小規模なものであるが，いずれも深度 50～80m の深井戸 1 本で，それぞれ 200～400m³/day 程度の地下水を揚水している。

国鉄鳥栖駅の機関区では，深度 8 m の浅井戸を利用しており，主として飲料や雑用に供している。また洗車用には大木川からの導水を利用しているが，鹿児島本線の電化に伴つて，機関用水などの需要は最近次第に減少の傾向にある。

### 4.2 久留米市

当地には古くから日本ゴム K. K. ・ブリヂストンタイヤ K. K. などの用水型工場が操業を行なつている。これら工業用水は深井戸による被圧地下水と，筑後川の表流水をそれぞれ利用している。

ブリヂストンタイヤ K. K. では，深度 40～60m 深井戸 6 本により，合計 7,000～10,000m³/day 程度の地下水を揚水している。これらは冷却用に使用されているが，このほかボイラー用に筑後川表流水 1,700m³/day，循環水 38,000m³/day をそれぞれ利用しているが，これら用水総取得量はおよそ 50,000m³/day に達している。日本ゴム K. K. の深井戸は水質が悪いため，現在筑後川の表流水 7,000～8,000m³/day，を取水している。月星ゴム K. K. では深度80～100m の深井戸 3 本で，冷却用に 4,000m³/day の地下水を揚水している。石橋製油 K. K. では深度 90m の深井戸 2 本で 1,500～2,300m³/day を使用している。

池田糖化 K. K. および雪印乳業 K. K. の深井戸は深度 90～120m 程度であるが，それぞれ冷却用や洗浄用に 800～850m³/day の地下水を揚水している。このほかに日本製粉 K. K. およびつるや乳業では，それぞれ 200m³/day 前後の被圧地下水を小規模に使用している。

久留米市上水道水源は筑後川から平均 32,000m³/day（夏期最大 42,000m³/day）程度の表流を取水している。なお久留米市の筑後川許可水量は 60,000m³/day であるが，夏期においては最近筑後川の水位低下が原因して，取水能力の余裕が減少している。

### 4.3 筑邦町

当地区の地下水利用工場はアサヒ再生ゴム K. K. ・日本繊維化工 K. K. ・森永醸造 K. K. などがある。アサヒ再生ゴム K. K. では深度 150m の揚水井により，1,500 m³/day，日本繊維化工 K. K. においては深度 100m，164 m の 2 井により合計 2,400m³/day 程度の地下水がそれぞれ揚水されている。森永醸造 K. K. では深度 90m および 100m の 2 本の深井戸により，2,000m³/day 内外の地

第3図　鳥栖・久留米地区における調査対象工場位置図

下水を揚水しており，このほか冷却用に 1,000m³/day 程度の河川水を取水している。

### 4.4 大刀洗町および甘木市

大刀洗旧飛行場跡地には，調査当時麒麟麦酒 K.K. の工場が建設中であつた。工業用水は地下水に依存する予定であるが，深度 80～90m 程度の深井戸 9 本により，合計 10,000m³/day 内外の揚水量を見込んでいる。このほか小石原川の上流から表流の取水計画がある。

九州農政局資源課の資料によると，甘木・大刀洗など洪積台地においては，およそ 40 本あまりのかんがい用深井戸が掘さくされている。このほか深度 5～7 m 程度の浅井戸 1,400 本あまりが利用されている。

### 4.5 大牟田市

当地の工業用水および都市用水は，その大半が熊本県内における水源によつてまかなわれている。三井鉱山では熊本県玉名市高瀬から菊池川の表流を取り入れ，河崎

第 4 図　福岡県大牟田地区における水源の配置図

第 2 表　調査地域内における地下水および

| 地区 | | 工場および施設名 | 用水総取得量 ($m^3$/day) | 被圧地下水 ($m^3$/day) |
|---|---|---|---|---|
| 佐賀県 | 鳥栖市 | 九州三共 K.K. | 50 | 50 |
| 〃 | 〃 | オリエンタルコンクリート K.K. | 50 | 50 |
| 〃 | 〃 | 日清製粉 K.K. | 250 | 250 |
| 〃 | 〃 | サロンパス久光兄弟 K.K. | 240 | 240 |
| 〃 | 〃 | キユーピー K.K. 鳥栖工場 | 950 | 950 |
| 〃 | 〃 | 日本エタニットパイプ K.K. | 800 | 800 |
| 〃 | 〃 | 日本専売公社 | 800 | 800 |
| 〃 | 〃 | 菱光コンクリート工業 K.K. | 300 | 300 |
| 〃 | 〃 | 九州積水工業 K.K. | 300 | 300 |
| 〃 | 〃 | 聯合紙器 K.K. | 10～15 | 10～15 |
| 〃 | 〃 | ブリヂストンサイクル工業 K.K. | 150 | 150 |
| 〃 | 〃 | 九州松下電器 K.K. | 60 | 60 |
| 〃 | 〃 | 鳥栖市し尿処理場 | 1,300 | 1,300 |
| 〃 | 〃 | 〃 姫方簡易水道水源 | 200 | 200 |
| 〃 | 〃 | 〃 高田 〃 | 300 | 300 |
| 〃 | 〃 | 〃 酒井東<br>酒井西 〃 | 400<br>400 | 400<br>400 |
| 〃 | 〃 | 〃 日恵寺 〃 | 500 | 500 |
| 〃 | 〃 | 鳥栖駅国鉄機関区 | — | — |
| 福岡県 | 久留米市 | 日本ゴム K.K. | 8,000 | — |
| 〃 | 〃 | ブリヂストンタイヤ K.K. 久留米工場 | 50,000 | 10,000 |
| 〃 | 〃 | 池田糖化工業 K.K. | 800 | 800 |
| 〃 | 〃 | 日本冷蔵 K.K. | 150 | — |
| 〃 | 〃 | 月星ゴム K.K. | 4,000 | 4,000 |
| 〃 | 〃 | 日本製粉 K.K. | 200 | 200 |
| 〃 | 〃 | 池田屋染工場（合名） | 50 | 50 |
| 〃 | 〃 | 石橋製油 K.K. | 2,300 | 2,300 |
| 〃 | 〃 | 雪印乳業 K.K. 久留米工場 | 850 | 850 |
| 〃 | 〃 | つるや乳業 K.K. | 200 | 200 |
| 〃 | 〃 | 日本特殊塗料 | 250 | 250 |
| 〃 | 〃 | 久留米市し尿処理場 | 1,800 | 1,800 |
| 〃 | 〃 | 久留米市上水道水源 | 42,000 | — |
| 〃 | 筑邦町 | アサヒ再生ゴム K.K. | 1,500 | 1,500 |
| 〃 | 〃 | 日本繊維化工 K.K. | 2,400 | 2,400 |
| 〃 | 〃 | 森永醸造 K.K. | 3,000 | 2,000 |
| 〃 | 〃 | 筑邦町簡易水道安武水源 | 300 | 300 |
| 〃 | 〃 | 〃 〃 荒木水源 | 450 | 450 |
| 〃 | 甘木市 | 九州新世乳業 K.K. | 400 | — |
| 〃 | 〃 | 麒麟麦酒 K.K. | — | — |
| 〃 | 小郡町 | 小郡町簡易水道水源 | 400 | 400 |
| 〃 | 大刀洗町 | 柳酒造所（合名） | 150 | 150 |
| 〃 | 〃 | 石橋食品 K.K. | 20 | — |
| 〃 | 大牟田市 | 大牟田市上水道水源 | 30,000 | 20,000 |
| 〃 | 〃 | 三井鉱山専用水道水源 | 75,000 | — |
| 〃 | 〃 | 大牟田市吉野簡易水道水源 | 900 | 900 |

河川水など工業用水取得量の現況

| 自由面地下水 ($m^3$/day) | 河川表流水 ($m^3$/day) | 循環水 ($m^3$/day) | 深井戸 本数 | 浅井戸 本数 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 3 | — | |
| — | — | — | 3 | — | |
| — | — | — | 2 | — | |
| — | — | — | 4 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 4 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 3 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 2 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | — | — | 雑用など 110$m^3$/day 使用 |
| — | 800 | — | — | — | 計画水量 11,000$m^3$/day |
| — | 1,700～2,000 | 38,000 | 6 | — | |
| — | — | — | 2 | — | |
| — | — | 150 | — | 2 | |
| — | — | — | 3 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 2 | — | |
| — | — | — | 2 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | 42,000 | — | — | — | 冬期平均 32,000$m^3$/day |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 2 | — | |
| — | 1,000 | — | 3 | — | 深井戸 1 本休止 |
| — | — | — | 1 | — | |
| — | — | — | 1 | — | |
| 300～400 | — | — | — | 3 | |
| — | — | — | — | — | 深井戸9本，計画揚水量 10,000$m^3$/day |
| — | — | — | 1 | — | 揚水能力 750$m^3$/day |
| — | — | — | 1 | — | |
| 10～20 | — | — | — | 1 | |
| — | 10,000 | — | 10 | — | 夏期最大実績 34,000$m^3$/day |
| — | 75,000 | — | — | — | 菊池川，諏訪川，坑内水などを取水 |
| — | — | — | 2 | — | |

（昭和 39 年 11 月現在）

第 4 表　大牟田市三井鉱山専用水道における給水現況

| 工　場　名 | 工　業　用 | 飲　料　用 | 社　宅　用 | 総 取 得 量 |
|---|---|---|---|---|
| 電気化学工業 K.K. 大牟田工場 | 2,620 | 777 | — | 3,397 |
| 東洋高圧工業 K.K. 大牟田工業所 | 4,619 | 2,679 | 552 | 7,850 |
| 三井金属工業 K.K. 三池製煉所 | 1,967 | 967 | 304 | 3,238 |
| 三井化学工業 K.K. 大牟田工業所 | 19,900 | 4,888 | 1,287 | 26,075 |
| 三井三池製作所三池工場 | 1,491 | 375 | 445 | 2,311 |
| 三井鉱山 K.K. 三池鉱業所 | 55 | 2,633 | 11,490 | 14,179 |
| そ　の　他 | — | 2,014 | — | 2,014 |

単位：$m^3$/day　昭和 38 年度大牟田市企画室の資料による

取水場から高浜ポンプ場を経由して約 40,000$m^3$/day 程度を導水している。これらはいずれも三池地区における石炭化学コンビナート工場や社宅などに供給されている。なお三井鉱山専用水道における給水状況は第 4 表に示すとおりである。大牟田市の上水道は熊本県荒尾市清里地内における水源に依存しており，深度 85～140m 程度の深井戸 10 本で合計 20,000$m^3$/day 内外の地下水を揚水し，大牟田市大島浄水場まで送水している。主として市街地の中央部に給水しており，その供給範囲は三井鉱山グループ以外の地域にかぎられている。このほかに三井鉱山高浜ポンプ場を経由して，熊本県菊池川の表流水 10,000$m^3$/day を受水しているが，夏期渇水の不足時には，さらに大牟田市諏訪川からも取水している。しかし取水口に相当の流量がない限りあまり取得できぬ状況にある。なお大牟田市水道局では昭和 43 年度までに 1 日あたり 45,000$m^3$/day の給水計画を考えている。

## 5. 地 下 水

### 5.1 自由面地下水

筑後川中流域沿岸平野に賦存する自由面地下水は，主として大木川・宝満川・小石原川および佐田川など筑後川支川によつて，広く養われているものである。

宝満川左岸流域において分布する自由面地下水は 8,000→5,000 Ω-cm の水比抵抗を示しており，筑後川沿岸の低地帯に向かつて流動する傾向にある。これら宝満川系の自由面地下水は，筑後川沖積平野に賦存する被圧地下水の有力な供給源となつているものと考えられる。なお久留米市宮瀬など筑後川沿岸蛇行部地帯における自由面地下水は 1,600～2,000 Ω-cm を示しており，調査地域のうちでもつとも低い値を示し，下流域に向かつて次第に地下水の溶存成分の増加傾向がみとめられる。

大刀洗川沿岸中流域平野における自由面地下水は平均 5,000→4,000 Ω-cm を示しており，この末端は筑後川沿岸低地帯に向かつている。なお久留米市大社など下流域平野に分布する自由面地下水は 2,000 Ω-cm 前後を示しており，地下水の水比抵抗は次第に低い値に移行をみせている。

小石原川流域に分布する自由面地下水は，大刀洗町栗田・富多など右岸側下流域にかけて，8,000→6,000 Ω-cm の水比抵抗を示している。これらは小石原川表流から供給を受ける地下水であるが，右岸下流域に沿つて南西～西方に流動する傾向にある。この下流では湧水して多数の小河川や用水路を作つている。なお，これら小石原川系の自由面地下水は，筑後川下流沿岸部における被圧地下水の供給源となつている。

佐田川上流部の左岸においては伏流水の分布がみとめられる。すなわち板屋地先から下流域にかけては 9,000→7,000 Ω-cm を示しており，左岸側に沿つて流動する傾向にある。なお佐田川左岸末端下流域にかけての自由面地下水は，平均 3,000～4,000 Ω-cm の不規則な水比抵抗を示している。

朝倉町長淵など筑後川上流部右岸側においては 6,000→5,000 Ω-cm を示す自由面地下水がみとめられる。これらは筑後川表流から直接供給を受けるものである。

大刀洗および甘木など洪積台地における自由面地下水は，宝満川・小石原川など筑後川支川と直接に関連性がなく，地下水の供給は主として天水によつて支えられている。洪積台地上に広く分布する農業用浅井戸における自由面地下水は，台地面上における降水によつて広く養われているものであるが，このほか一部はかんがい用水路などの流水によつて補給されている。

なお，洪積台地下末端部における湧水は各所においてみとめられるが，夏季のかんがい期には，とくに湧水量が増加する傾向にある。

### 5.2 被圧地下水

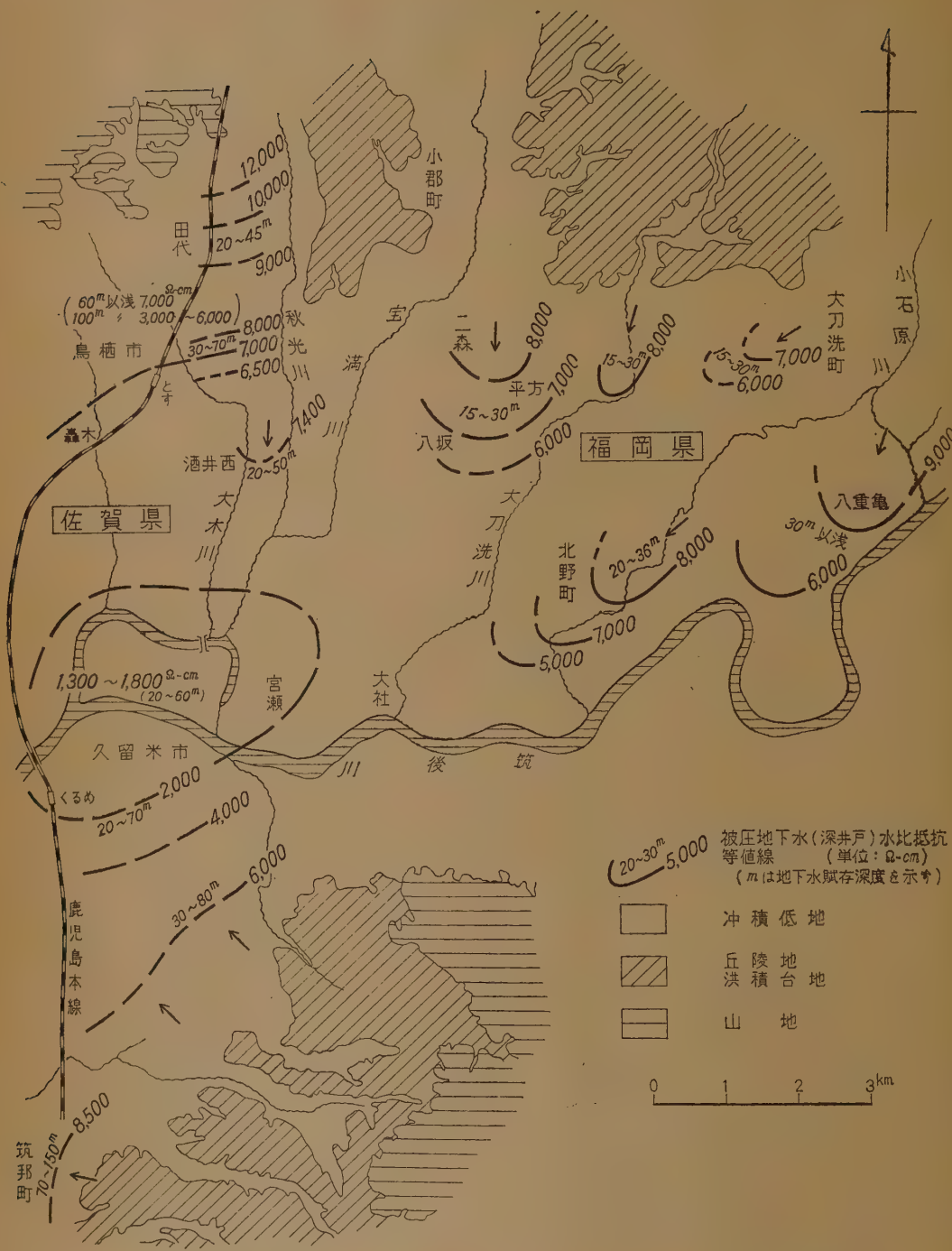
筑後川沿岸部中流域平野における被圧地下水は，主と

第 3 表　　[illegible]

| 区 | 工場および施設名 | 井戸番号 | 井戸名 | さく井年度 (S-昭和) | さく井側管口径 (mm) | さく井深度 (m) | ポンプおよび動力の大きさ | 取水深度 (m) | 静水位 (m) | 揚水量 (m³) | 揚水時間 (h) | 塩素イオン (ppm) | 地下水温 (°C) | 用途 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 鳥栖市 | 九州三共 K.K. | 1 | 深井戸 | S-37 | 250 | 85 | 50㍉SP 7.5HP | 20m以深 | 6 | 20 | 30/day | | 10,000 | 18 | 農業雑用 | |
| 〃 | オリエンタルコンクリート K.K. | 1 | 〃 | S-33 | 150 | 60 | 100㍉SP 1HP | 28～41, 45～57 | | | | | 9,600 | 18.4 | | |
| | | 2 | 〃 | S-36 | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | 〃 | S-37 | 150 | 63 | 50㍉TP 2.2kW | 15～23, 29～35, 38～40.5, 44～61 | | | | | | | | |
| 〃 | 日清製粉 K.K. | 1 | 〃 | S-30 | 150 | 70 | 75㍉BH 7.5HP | 30～39, 48～67.5 | 6.5 | 24.0 | 8/h | | 6,200 | 20.9 | 洗浄 | |
| | | 2 | 〃 | | 100 | 70 | 75㍉SP 5HP | | 6.7 | | | | | | | |
| | | 3 | 〃 | S-38 | 75 | 70 | | 26～34, 38～42, 54～58 | | | | | | | | 3号廃井 |
| 〃 | サロンパス久光兄弟 K.K. | 1 | 〃 | S-31 | | 130 | 75㍉SP 4HP | | | | 240/day | | | | | |
| | | 2 | 〃 | S-39 | 300 | 100 | SP 12HP | 22.5～48.5, 57.5～100 | 4 | 48 | 500/day | 8 | 2,800 | 19.0 | | |
| 〃 | キューピー K.K. 鳥栖工場 | 1 | 〃 | S-36 | 250 | 100 | 100㍉SP 7.5HP | 14～21, 30～33, 38～45, 47～53 | | | 540/day | | | | 洗浄, 冷却 | |
| | | 2 | 〃 | | 250 | | 70㍉SP 7.5HP | | | | 400/day | | 5,300 | 18.6 | | |
| | | 3 | 〃 | S-39 | 200 | 100 | 70㍉SP 10HP | | | | 730/day | | | | | |
| | | 4 | 〃 | S-37 | 200 | 70 | 70㍉SP 5HP | | | 35 | 180/day | | 5,000 | 18.4 | | |
| 〃 | 日本エタニットパイプ K.K. | 1 | 〃 | | 300 | 80 | 75㍉SP 10kW | 31～48, 56～72.3 | | 26 | | 24 | 8,200 | 18.5 | 原料 夏期やや不足する | |
| 〃 | 日本専売公社 | 1 | 〃 | S-29 | 250 | 63 | BH 15HP | 9～14, 20～24.3, 30.8～34.2 39.3～42, 43～45.2, 52～55.7 | | | | | | | 冷却, 雑用 夏期実績 1,050m³/day | |
| | | 2 | 〃 | 〃 | 250 | 61 | BH 15HP | 8.2～11.0, 19～21.5, 27.5～35.0 38～56.2 | | | | | 5,400 | 17.9 | | |
| | | 3 | 〃 | 〃 | 250 | 60.8 | BH 15HP | | | | | | | | | |
| | | 4 | 〃 | S-30 | 250 | 63 | BH 20HP | | | | | | 7,000 | 18.7 | | |
| 〃 | 菱光コンクリート工業 K.K. | 1 | 〃 | S-38 | 150 | 60 | 80㍉VP 3.7kW | 9.2～26, 30～38.5 | | 4.9 | 0.3/min | 16 | 6,500 | 17.7 | 生コンクリート 原料 | |
| | 九州積水工業 K.K. | 1 | 〃 | S-38 | 250 | 90 | 50㍉SP 3.7kW | | 3 | 30 | 250/day | | | | 冷却 1号井水位低下のため休止 | |
| | | 2 | 〃 | S-38 | 250 | 65 | 50㍉SP 3.7kW | 16～65, 27～40, 63～65 | 2 | 17 | 335/day | | 7,300 | 18.5 | | |
| | | 3 | 〃 | S-39 | 250 | 60 | 70㍉SP 7.5kW | | | 25 | | | | | | |
| 〃 | 聯合紙器 K.K. | 1 | 〃 | S-36 | 250 | 60 | 75㍉SP 7.5kW | 19～20.7, 27.5～32.5, 49～54.5 | 6 | | 能力0.5/min | | | | ダンボールシート 雑用 | |
| 〃 | ブリヂストンサイクル工業 K.K. | 北 | 浅井戸 | | 1.80m | 10 | 75㍉TP 10HP | | | | | | | | 自転車 洗浄, 冷却 | |
| | | 東 | 深井戸 | S-34 | 250 | 26.5 | 60㍉SP 15HP | | 4.5 | | | 8 | 1,800 | 20.1 | | |
| 〃 | 九州松下電器 K.K. | 1 | 〃 | S-39 | — | 50 | 40㍉SP 3HP | | | | | | 6,800 | 16.5 | 乾電池 冷却, 雑用 | |
| 〃 | 鳥栖市し尿処理場 | 1 | 〃 | S-39 | 300 | 92 | 100㍉SP 11kW | 30.5～37, 40～44, 47.5～53.5 56～57, 62～64, 69.5～79.5, 84～92 | 2 | 7.1 | 能力1,600/day | | 1,500 | 21.7 | 処理用 | |
| 〃 | 〃 姫方簡易水道水源 | 1 | 〃 | | 100 | 50 | | | | | | | 1,300 | | | |
| 〃 | 〃 高田 〃 | 1 | 〃 | | 100 | 40 | | | | | | | 7,450 | 18.6 | | |
| 〃 | 〃 酒井西 〃 | 1 | 〃 | | 100 | 50 | 50㍉TP 0.75kW | | | | | | 7,400 | 18.4 | | |
| 〃 | 〃 酒井東 〃 | 1 | 〃 | | 100 | 50 | | | | | | | 4,750 | | 洗浄 | |
| 基木市 | 九州新世乳業 K.K. | 1 | 浅井戸 | | | 5～8 | VP 5HP | | | | | | | | 冷却 | |
| | | 2 | 〃 | | | | VP 3HP | | | | | | | | | |
| | | 3 | 〃 | | | | VP 5HP | | | | | | | | | |
| 〃 | 麒麟麦酒 K.K. | 1 | — | 旧井 | 1.60m | 10.3 | | | | | | | | | | |
| | | 9 | 深井戸 | S-39 | 300 | 85 | SP | 24～30, 36～43, 54～66, 78～84 | 6.2 | 22.9 | 1,640/day | | | | | 深井戸の掘さく9本(揚水計画10,000m³/day |
| 小郡町 | 小郡町簡易水道水源 | 1 | 〃 | S-36 | 300 | 100 | 80㍉SP 7.5kW | | | | 能力 750/day | | 6,800 | 18.2 | | |
| [illegible]洗町 | 醸醤造所 (合名) | 1 | 〃 | | 1.40m | | | | | | | | 6,800 | 19 | 清酒 洗浄, 原料 掘抜井戸 | |
| | 石橋食品 | 1 | 浅井戸 | | | 6 | 60㍉TP 3HP | | | | | | | | ケチャップ 雑用 | |
| 町 | アサヒ再生ゴム K.K. | 1 | 深井戸 | S-37 | 350 | 150 | 125㍉SP 26kW | 67～72.5, 74.5～78, 79～90 91～94, 98～108.5, 127～132 | | | 1.1/min | 24 | 6,100 | 19.8 | [illegible] | |
| 〃 | 日本繊維化工 K.K. | 1 | 〃 | S-22 | 300 | 100 | 100㍉SP 15HP | 133.5～139, 141～145, 145～148.5 | | | 能力 0.7/min | 18 | | | 織布染色 洗浄 | |
| | | 2 | 〃 | S-35 | 300 | 164 | 100㍉SP 19kW | 98.0～111.5, 114.5～128.5, 141～160 | | | 1/min | 18 | 8,500 | 19.0 | | |
| 〃 | 森永醸造 K.K. | 1 | 〃 | T-9 | 300 | 91 | 125㍉BH 22kW | | | | | 24 | | | 合成酒 洗浄, 冷却 1号は休止 | |
| | | 2 | 〃 | | 300 | 100 | 100㍉SP 13kW | | | | 1,000/day | | | | | |
| | | 3 | 〃 | S-34 | 300 | 106 | 125㍉SP 19kW | 46.5～50, 67～72, 77.8～87 92.3～103 | | | 1,000/day | | 8,500 | 18.3 | | |
| | | 1 | 〃 | S-32 | 250 | 113 | 65㍉BH 5HP | | | | | | 7,000 | 19.2 | | 給水口数 400戸 最大給水量 370m³/day |
| 〃 | 筑邦町簡易水道安武水源 | 1 | 〃 | S-34 | 250 | 106 | 65㍉BH 5HP | | | | 20/day | | | | | 〃 600戸 〃 500 〃 |
| 〃 | 〃 〃 荒木水源 | — | 〃 | | — | | | | | | | | | | | 河川取水ポンプ 100HP TP25㍉×2台 |
| 久留米市 | 日本ゴム K.K. | 1 | 〃 | S-30 | 400 | 60 | 130㍉BH 30HP | 20.6～37.5, 45～51 | | 16～18 | 2/min | | | | | |
| 〃 | ブリヂストンタイヤ K.K. 久留米工場 | 2 | 〃 | S-31 | 〃 | 45 | 130㍉BH 30HP | 37～44 | | | 2/min | | | | | |
| | | 3 | 〃 | S-30 | 〃 | 45 | 130㍉BH 30HP | 19～25, 29～31.5, 35～42 | | 19 | 1.9/min | | 1,800 | 20.1 | 冷却 | |
| | | 4 | 〃 | S-36 | 〃 | 42 | 130㍉BH 30HP | 20～26.5, 28～83.5 | | | 1.1/min | | | | | |
| | | 5 | 〃 | S-30 | 〃 | 45 | 130㍉BH 30HP | 20.5～30, 36～39 | | | 2/min | | | | | |
| | | 6 | 〃 | S-32 | 〃 | 60 | 130㍉BH 30HP | 23.5～36, 38～43, 50～52 | | | | | | | | |
| | | 7 | 〃 | S-36 | 〃 | 52 | | 22～48 | | | | | | | | 7号は廃井 |
| 〃 | [illegible] K.K. | 1 | 〃 | S-29 | 300 | 90 | 100㍉SP 15HP | 28.8～36, 41～46, 47.3～68 | | 9 | | 10 | 1,360 | | 水アメ 冷却, 原料 | |
| | | 2 | 〃 | | 250 | 90 | 50㍉SP 4HP | | | | | | | | | |
| | | 3 | [illegible] | | - | 12 | | | | | | | | | | |
| 〃 | [illegible] K.K. | 1 | 〃 | | 1.80m | 10 | 75㍉VP 3HP | | | | | | | | 製氷冷凍 冷却, 原料 [illegible] | |
| | | 2 | 〃 | | 1.20m | | 30㍉VP 2HP | | | | | | | | | |
| 〃 | [illegible] K.K. | 1 | [illegible] | S-8 | 300 | 81 | 180㍉SP 50HP | | | 20 | 240/h | 10 | | | 冷却, 発電 | |
| | | 2 | 〃 | | 300 | 90 | 200㍉BH 75HP | | | 20 | 3.3/min | | | | | |
| | | 3 | 〃 | S-37 | 320 | 100 | 160㍉SP 60HP | 28～45, 48～95 | | 17 | 240/h | | 2,260 | 20.2 | | |
| | | 1 | 〃 | S-25 | 250 | 70 | 65㍉SP 10HP | 40m以深 | | | 1/min | | | | 小麦粉 洗浄 | |
| 〃 | [illegible] K.K. | 1 | 〃 | | 250 | 86 | 80㍉SP 11kW | 75m 〃 | | | 0.6/min | 8～16 | 4,300 | 21.3 | 発酵 [illegible] | |
| 〃 | [illegible] K.K. | 1 | 〃 | S-30 | 350 | 92 | 75㍉BH 15HP | | | | 0.5/min | 24 | 6,800 | 18.4 | 食品 [illegible] | |
| 〃 | [illegible] K.K. | 1 | 〃 | S-30 | 300 | 90 | 125㍉SP 15HP | 18 21, 24.6～26, 28～30, 34～49 50 52, 62～71.5, 80 84 | | | 1/min | 15～24 | | 18.4 | [illegible] | |
| | | 2 | 〃 | S-35 | 300 | 90 | 125㍉SP 15HP | | | | | 8 | 4,700 | 18.8 | | |
| 〃 | [illegible] K.K. [illegible] | 1 | 〃 | S-37 | 350 | 120 | 100㍉SP 15HP | | | | | | | | | |
| | | 2 | 〃 | S-39 | 350 | 120 | 125㍉SP 15HP | 62～73, 85～90, 103～106 | | | 850/day | | | | | |
| 〃 | [illegible] | 1 | 〃 | | 140 | 80 | | | | | 18/h | | | | | |
| 〃 | [illegible] | 1 | 〃 | | | 101 | | | | | 0.3/min | | | | | |
| 〃 | [illegible] | | 〃 | | | 55 | | | | | | | | | | |
| 〃 | [illegible] | — | — | — | | — | | | | | | | 6,000 | | | 60,000m³/day |
| 大牟田市 | [illegible] | 1～10 | [illegible] | | 350 | 85～140 | 250㍉ 250HP 350㍉ 400HP | | | | | | | | | 20,000m³/day 10,000m³/day 147,000㎥ |
| 〃 | [illegible] | 1 | 〃 | | | 60 | | | | | | | | | | |
| | | 4 | 〃 | | | 50 | | | | | | | | | | 40,000m³/day 35,000m³/day |
| 〃 | [illegible] | — | — | | | | | | | | | | | | | |

(注) BH は[illegible] HP は[illegible] SP, 水中モーター[illegible], VP [illegible]

第 5 図　筑後川中流域平野における自由面地下水の水比抵抗等値線




第 6 図　筑後川中流域平野における被圧地下水水比抵抗等値線

して宝満川・小石原川など筑後川支川から供給を受けるものであるが，かなり圧力面の高い地下水が分布している。

久留米市筑後川蛇行部低湿地帯における地下水は1,300～2,000Ω-cmを示しており，とくに低い水比抵抗を示している。久留米市ブリヂストンタイヤK.K.における深度45m井は1,500Ω-cm，鳥栖市し尿処理場の92m井では1,500Ω-cm，また池田糖化工業K.K.の90m井では1,360Ω-cmを示しており，いずれも1,000Ω-cm級の水比抵抗となつている。これら地下水はまた20～21°Cのとくに高い水温を示している。こうした被圧地下水は盆地平野末端下流域に賦存しており，いずれも停滞性の環境に支配された結果によるものと考えられる。

久留米市南部の洪積台地における被圧地下水は，平均4,000～6,800Ω-cmの値を示している。さらに南側の筑邦町付近にかけての地下水は深度50～160m程度で，6,000～8,500Ω-cmを示している。これら被圧地下水の水比抵抗は，いずれも南側丘陵地帯に向かつて，次第に高い値に移行をみせており，この方面からの地下水涵養がみとめられる。なお当地区における被圧地下水は，筑後川系の地下水源とまつたく関連性がみとめられない。

鳥栖市田代町など国道3号沿線における地下水は，12,000→9,000Ω-cmを示すとくに高い値を示している。これら被圧地下水の賦存深度は40m程度であるが，さらに45m以深から収水する深井戸では，2,800～6,000Ω-cmの不規則な値を示している。なお日本専売公社など鳥栖市における地下水は，深度30～60mで5,000～7,000Ω-cm，また15～30mでは3,000～4,000Ω-cmを示している。これら鳥栖市西北部に賦存する被圧地下水は，主として北西部の花崗岩地帯における降水によつて養われているものである。また鳥栖市曽根崎町における日本エタニットパイプK.K.の深井戸の地下水水比抵抗は8,200Ω-cmのやや高い値を示している。これはおそらく大木川表流からの供給が強く影響しているものと考えられる。酒井東・西など鳥栖市南部の国道3号沿線における地下水は，深度40～60m程度で平均7,000Ω-cmの水比抵抗を示している。これら地下水の供給源は主として大木川や山下川などの河川によつて涵養されているものと考えられる。

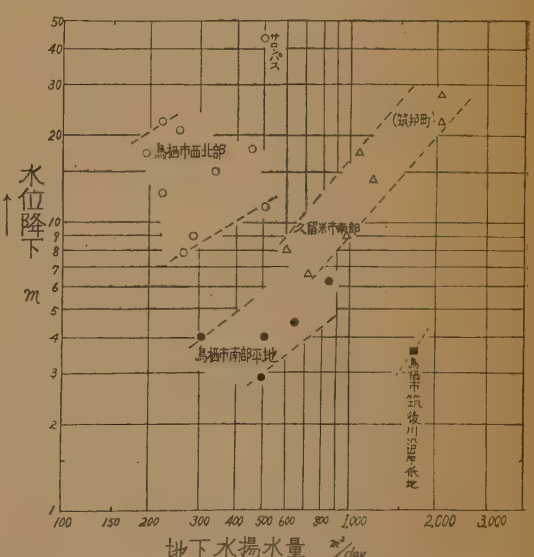
小郡町二森・平方・八坂など宝満川左岸流域における地下水は，深度20～30m程度で8,000→7,000Ω-cmを示している。これらはいずれも宝満川から供給を受けているが，次第に深度を増しながら南部の，筑後川沿岸低地帯に向かつて流動しているものと思われる。大刀洗川沿岸冲積平野における被圧地下水は深度20～30m程度で8,000Ω-cm内外の水比抵抗を示している。これらは次第に南部低地帯に向かつて流下している傾向にある。

小石原川右岸の北野町八重亀・守部など下流域にかけては，8,000→6,000Ω-cmを示す被圧地下水が分布している。これら賦存深度は30m内外であるが，いずれも小石原川の表流から直接供給を受けるものである。この末端部はさらに南西に向かつて流動しており，筑後川右岸流域に達している。

北野町においては旧小石原川水路に沿つて水比抵抗8,000→5,000Ω-cmを示す被圧地下水がみとめられる。これら地下水の賦存深度は25～35m程度であるが，その末端は次第に深度を増しながら筑後川沿岸の停滞部に達している。なお，この被圧地下水は小石原川から供給を受けるものであり，主として旧小石原川用水路上流部から浸透する地下水と考えられる。

### 6.　地下水の揚水規模

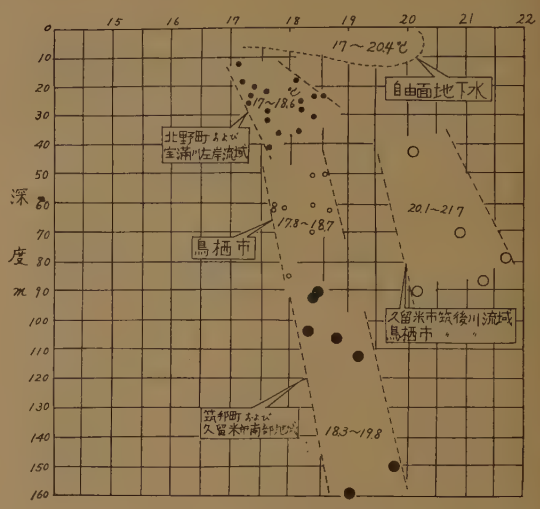
鳥栖市田代町のサロンパス久光K.K.における揚水量は，水位降下44mに対し1井あたり500m³/dayあまりがえられている。キューピーK.K.4号井の揚水試験によると，水位降下33mに対し180m³/dayの揚水量がえられている。これら深井戸における地下水は主として40～60m以深の風化花崗岩（砂層）から収水しており，いずれも水位降下の割合が大きく，地下水は量的にあまりえられない。鳥栖市国道34号沿線の轟木工業団地に




第7図　鳥栖および久留米市などにおける地下水揚水量と水位降下との関係

おける深井戸は，主として深度 60～70m程度であるが，水位降下 12～23m に対し 1 井あたり揚水量は 200～500 m³/day 程度である。これら轟木工業団地周辺では一般に水位降下の割合が大きく，深井戸による地下水の量的な期待が困難となつている。鳥栖市内の日本専売公社における深井戸は昭和29～30年頃に掘さくされたもので当時は 1 井あたり 900～1,000m³/day の揚水量が可能であつたが，現在では運転水位 20 数m で 1 井あたり 200～350m³/day 程度の揚水実績となつている。

鳥栖市藤木工業団地など国道 3 号沿線においては，収水深度 30～90m であるが，水位降下 3.0～6.3m に対し 1 井あたり 300～800m³/day の揚水量が可能である。鳥栖市新浜など筑後川沿岸平野部の地下水は，深度 90m で 1 井あたり 1,500～2,000m³/day の揚水量が可能である。地下水の静水位は地表面下 3.7m 程度であり，圧力面が相当に高いため今後かなりの揚水量が期待できる。しかしこの地域は筑後川の氾濫による洪水被害が，きわめて多い低地帯であるため，いまのところ工業用地としてまだ開発されていない。久留米市筑後川沿岸のブリヂストンタイヤ K. K. における深井戸は，揚水水位 16～17 m 程度で 1 井あたり 1,800～2,000m³/day 程度の揚水量が得られている。月星ゴム K. K. の深井戸は揚水水位 20m 前後で，1 井 2,000m³/day 内外の揚水実績を示し




第 8 図　深度別からみた地下水温度

第 9 図　筑後川中流域平野における地下水温度等値線

ている。なお久留米南部地区における地下水は，水位降下8～18mの割合で，1井あたり600～1,200m³/day程度の揚水量が可能である。

筑邦町の地下水は深度170mまで開発利用されている。当地区では水位降下22～28mに対し，2,000m³/day前後の揚水量が得られているが，いずれも水位降下の割合は大きい関係で示されている。なお筑邦町の工場など深井戸における平均揚水量は1井あたり1,000～1,500m³/day程度である。

大刀洗町および甘木市など洪積台地においては，古くから多数のかんがい用深井戸が利用されている。最近大刀洗旧飛行場跡に建設された麒麟麦酒K.K.の深井戸は，水位降下16.7mに対し1,600m³/dayの揚水量がえられている。当地区の農業用深井戸は，すでに過剰揚水の結果，水位低下の障害が生じており，夏期における地下水の利用限界は，1井あたり1,000m³/day前後と予想される。

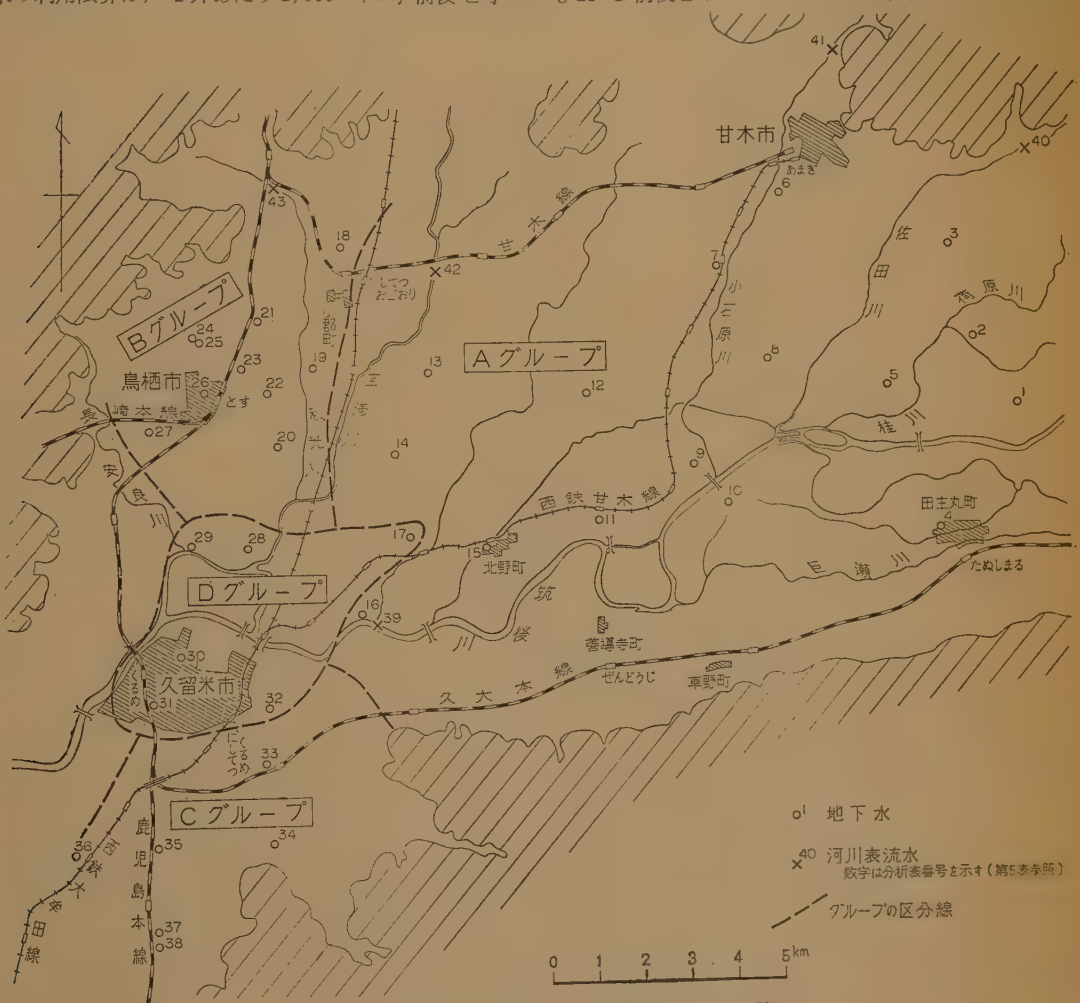
## 7. 水温および水質

### 7.1 地下水温度

測定結果による地下水温度は，第9図に示すとおりであるが，宝満川・小石原川など支川から供給を受ける自由面地下水は，平均18～20°Cの水温を示している。またこれより下流では，平均16～17°Cとなつている。両筑橋から筑後橋に至る間の筑後川沿岸部における自由面地下水は，平均20°C前後の水温を示している。

宝満川左岸流域における深度20～30m程度の地下水は17～18°Cを示している。また小石原川から供給を受ける北野町付近の地下水は深度15～36m程度で18°C前後である。

鳥栖市における被圧地下水は，深度30～80mでいずれも18°C前後を示しているが，日清製粉K.K.における




第10図　筑後川中流域平野における水質分析試料採取地点位置図

第 5 表　筑後川中流域平野における

| 番号 | 試料採取地点 | 水源の種類 | ストレーナの位置（）は井戸深度 (m) | 水温 (°C) | pH | RpH | アルカリ度 M— (epm) | アルカリ度 P— (epm) | $Cl^-$ (ppm) | $NO_2^-$ (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 福岡県朝倉郡長淵 | F | (5.0) | 23.6 | 6.1 | 6.6 | 0.90 | | 10.6 | 0.00 |
| 2 | 〃　〃　立出 | 〃 | (4.5) | 19.1 | 6.2 | 6.8 | 1.32 | | 12.1 | 0.00 |
| 3 | 〃　甘木市牛鶴 | 〃 | (3.6) | 19.2 | 5.8 | 6.5 | 0.74 | | 6.4 | tr |
| 4 | 〃　浮羽郡田主丸 | 〃 | (4.5) | — | 6.8 | 7.6 | 1.14 | | 13.0 | — |
| 5 | 〃　甘木市林田 | 〃 | (14.0) | — | 6.8 | 7.3 | 1.68 | | 6.4 | 0.00 |
| 6 | 〃　〃　千代丸 | 〃 | (6.0) | 19.2 | 6.0 | 6.7 | 0.84 | | 9.0 | 0.00 |
| 7 | 〃　〃　本上浦 | 〃 | (10.0) | — | 5.8 | 6.7 | 0.96 | | 16.5 | 0.02 |
| 8 | 〃　〃　倉吉 | C | (22.0) | 15.4 | 7.4 | 7.5 | 1.38 | | 3.6 | 0.00 |
| 9 | 〃　三井郡守部 | 〃 | (27.0) | 16.1 | 7.4 | 7.5 | 0.98 | | 2.6 | tr |
| 10 | 〃　浮羽郡背原 | F | (12.6) | — | 6.9 | 7.7 | 1.29 | | 12.5 | — |
| 11 | 〃　三井郡大城 | C | 不　明 | 18.8 | 7.3 | 7.5 | 1.08 | | 2.6 | 0.00 |
| 12 | 〃　〃　上高橋 | 〃 | (25.0) | 19.0 | 7.2 | 7.4 | 1.16 | | 8.8 | 0.00 |
| 13 | 〃　〃　二森 | 〃 | (27.0) | 18.0 | 7.2 | 7.4 | 1.20 | | 3.7 | 0.00 |
| 14 | 〃　〃　八坂 | 〃 | (23.0) | 18.1 | 7.1 | 7.3 | 1.48 | | 7.5 | 0.00 |
| 15 | 〃　〃　北野 | 〃 | 不　明 | 16.6 | 6.6 | 7.0 | 1.22 | | 11.6 | 0.01 |
| 16 | 〃　久留米市大杜 | 〃 | (27.0) | 19.1 | 7.2 | 7.5 | 1.70 | | 3.4 | 0.00 |
| 17 | 〃　〃　八丁島 | 〃 | (23.0) | 17.3 | 7.3 | 7.5 | 2.12 | | 29.7 | 0.02 |
| 18 | 〃　三井郡小郡簡易水道 | 〃 | (100.0) | 18.2 | 7.2 | 7.4 | 1.40 | | 5.5 | 0.00 |
| 19 | 佐賀県鳥栖市飯田第1簡易水道 | 〃 | (50.0) | 18.4 | 6.1 | 6.8 | 1.42 | | 14.4 | 0.00 |
| 20 | 〃　〃　酒井西簡易水道 | 〃 | (50.0) | 18.6 | 7.4 | 7.6 | 1.34 | | 3.6 | 0.00 |
| 21 | 〃　〃　日清製粉 K.K. 鳥栖工場 | C | 30.0～67.0（2ヶ） | 20.9 | 8.2 | — | 0.68 | 0.12 | 13.7 | 0.12 |
| 22 | 〃　〃　菱光コンクリート工業 K.K. | 〃 | 9.0～39.0（2ヶ） | 17.9 | 6.5 | 7.0 | 1.18 | | 11.0 | 0.00 |
| 23 | 〃　〃　日本エタニットパイプ K.K. 鳥栖工場 | 〃 | 30.0～72.0（2ヶ） | 18.5 | 7.0 | 7.1 | 1.10 | | 4.5 | 0.00 |
| 24 | 〃　〃　キューピー K.K. 鳥栖工場2号井 | 〃 | 不　明 | 18.6 | 6.9 | 7.4 | 1.54 | | 7.5 | tr |
| 25 | 〃　〃　〃　〃　3号井 | 〃 | 不　明 | 18.4 | 8.2 | — | 1.02 | 0.37 | 8.4 | tr |
| 26 | 〃　〃　日本専売公社2号井 | 〃 | 8.2～56.2（4ヶ） | 17.9 | 6.3 | 6.8 | 0.86 | | 18.8 | 0.00 |
| 27 | 〃　〃　九州積水工業 K.K. 鳥栖工場 | 〃 | 16.0～65.0（3ヶ） | 18.5 | 6.4 | 7.0 | 1.04 | | 6.1 | tr |
| 28 | 〃　〃　高田簡易水道 | 〃 | (40.0) | 19.2 | 7.7 | 7.8 | 6.56 | | 51.3 | 0.00 |
| 29 | 〃　〃　し尿処理場 | 〃 | 30.0～92.0（3ヶ） | 21.7 | 7.9 | 7.9 | 1.86 | | 134.9 | — |
| 30 | 福岡県久留米市ブリヂストンタイヤ K.K. 久留米工場C号井 | 〃 | 19.0～42.0（3ヶ） | 20.1 | 7.3 | 7.7 | 4.24 | | 52.0 | 0.00 |
| 31 | 〃　〃　月星ゴム K.K. 本社工場3号井 | C | 28.0～95.0（2ヶ） | 20.2 | 7.4 | 7.6 | 3.38 | | 53.5 | 0.00 |
| 32 | 〃　〃　池田屋染工場 | 〃 | 75.0～86.0（1ヶ） | 21.3 | 7.6 | 7.8 | 1.68 | | 14.2 | 0.00 |
| 33 | 〃　〃　石橋製油 K.K. 1号井 | 〃 | 42.0～89.0（5ヶ） | 18.4 | 7.3 | 7.4 | 1.22 | | 5.0 | tr |
| 34 | 〃　〃　雪印乳業 K.K. 久留米工場 | 〃 | (120.0) | 18.8 | 7.1 | 7.3 | 1.72 | | 10.6 | 0.02 |
| 35 | 〃　筑邦町アサヒ再生ゴム K.K. | 〃 | 67.0～148.0（9ヶ） | 19.8 | 7.3 | 7.4 | 1.58 | | 5.2 | 0.00 |
| 36 | 福岡県筑邦町安部簡易水道 | 〃 | (113.0) | 19.2 | 7.2 | 7.4 | 1.36 | | 3.7 | tr |
| 37 | 〃　〃　日本繊維化工 K.K. 東井戸 | 〃 | 98.0～160.0（3ヶ） | 19.0 | 7.3 | 7.4 | 1.08 | | 3.4 | 0.00 |
| 38 | 〃　〃　森永醸造 K.K. 久留米工場 | 〃 | 46.0～103.0（4ヶ） | 18.3 | 7.0 | 7.2 | 1.02 | | 5.0 | 0.00 |
| 39 | 〃　久留米市筑後川 | R | 表　流 | — | 6.6 | 7.5 | 0.75 | | 10.4 | — |
| 40 | 〃　甘木市佐田川 | 〃 | 〃 | 15.4 | 6.9 | 7.4 | 0.60 | | 4.7 | 0.00 |
| 41 | 〃　〃　小石原川 | 〃 | 〃 | 15.2 | 6.9 | 7.0 | 0.52 | | 4.7 | 0.00 |
| 42 | 〃　三井郡宝満川 | 〃 | 〃 | — | 7.0 | 7.2 | 0.70 | | 10.1 | — |
| 43 | 佐賀県基山町秋光川 | 〃 | 〃 | 11.8 | 7.0 | 7.0 | 0.70 | | 7.7 | 0.02 |

（注1）水源の種類　R：河川水
F：自由面地下水
C：被圧地下水

地下水水質分析結果

| $SO_4^{2-}$ (ppm) | $NH_4^+$ (ppm) | $Na^+$ (ppm) | $K^+$ (ppm) | 鉄 total Fe (ppm) | 鉄 $Fe^{2+}$ (ppm) | $Mn^{2+}$ (ppm) | $Ca^{2+}$ (ppm) | $Mg^{2+}$ (ppm) | 全硬度 ($CaCO_3$) (ppm) | $SiO_2$ (ppm) | 酸素消費量 (COD) (Oppm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16.0 | 0.3 | 7.9 | 3.7 | 0.08 | 0.08 | 0.0 | 14.8 | 3.2 | 50.14 | 40.3 | 0.67 |
| 32.0 | 0.3 | 9.4 | 3.0 | 0.03 | 0.03 | 0.0 | 23.7 | 6.6 | 86.14 | 52.4 | 0.68 |
| 12.7 | 0.2 | 5.1 | 2.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 14.7 | 2.0 | 45.00 | 15.1 | 0.53 |
| 30.4 | — | 9.8 | 3.7 | 0.02 | — | — | 24.1 | 6.1 | 85.29 | 46.5 | 0.64 |
| 15.2 | 0.8 | 10.8 | 5.3 | 0.93 | 0.58 | 0.8 | 19.3 | 4.8 | 67.93 | 57.5 | 0.77 |
| 12.0 | 0.3 | 7.5 | 3.4 | 0.06 | 0.06 | 0.0 | 14.7 | 2.3 | 46.28 | 14.9 | 0.65 |
| 25.1 | 0.3 | 7.2 | 2.4 | — | — | 0.1 | 22.9 | 4.5 | 75.64 | 16.7 | 0.81 |
| 1.0 | 0.3 | 9.8 | 2.2 | 0.05 | 0.05 | 0.0 | 11.9 | 3.4 | 43.93 | 45.1 | 0.61 |
| 1.0 | 0.3 | 7.7 | 3.1 | 0.03 | 0.03 | 0.0 | 7.6 | 2.3 | 28.71 | 52.0 | 0.69 |
| 26.0 | — | 8.8 | 4.5 | 0.00 | — | — | 22.5 | 5.6 | 79.29 | 50.4 | 0.58 |
| 1.0 | 0.4 | 10.8 | 3.2 | 0.14 | 0.14 | 0.0 | 5.8 | 2.4 | 24.42 | 51.5 | 0.80 |
| 3.6 | 0.4 | 12.4 | 0.8 | 0.05 | 0.05 | 0.0 | 9.2 | 3.7 | 38.35 | 38.5 | 0.53 |
| 1.5 | 0.3 | 10.8 | 0.9 | 0.03 | 0.03 | 0.1 | 9.7 | 3.0 | 36.43 | 40.0 | 0.56 |
| 1.0 | 0.8 | 17.2 | 4.1 | 2.58 | 1.39 | 0.5 | 8.1 | 3.0 | 32.35 | 53.2 | 1.23 |
| 24.7 | 0.4 | 8.5 | 4.4 | 0.60 | 0.47 | 0.9 | 17.7 | 6.3 | 70.07 | 57.3 | 0.69 |
| 3.7 | 0.8 | 17.6 | 5.6 | 0.01 | 0.01 | 0.3 | 9.4 | 3.9 | 39.64 | 59.0 | 0.88 |
| 2.0 | 0.2 | 30.3 | 9.0 | 1.58 | 0.25 | 0.3 | 14.7 | 5.6 | 59.57 | 54.5 | 0.94 |
| 3.0 | 0.2 | 17.2 | 1.2 | 0.02 | 0.02 | 0.0 | 12.3 | 1.7 | 37.50 | 26.4 | 0.53 |
| 21.0 | 0.6 | 12.8 | 4.9 | 0.23 | 0.23 | 2.1 | 18.1 | 5.7 | 68.78 | 57.3 | 0.93 |
| 0.0 | 0.4 | 14.1 | 1.9 | 0.14 | 0.14 | 0.0 | 10.5 | 1.7 | 33.00 | 50.5 | 0.68 |
| 5.4 | 0.3 | 14.1 | 2.0 | 0.02 | tr | 0.0 | 14.2 | 0.2 | 36.43 | 18.0 | 0.57 |
| 5.3 | 0.0 | 18.5 | 1.8 | 0.00 | 0.00 | tr | 10.3 | 2.8 | 37.07 | 44.3 | 0.71 |
| 2.3 | 0.2 | 15.5 | 1.2 | 0.23 | 0.22 | 0.0 | 8.6 | 2.0 | 29.78 | 43.3 | 0.60 |
| 7.4 | 0.4 | 10.8 | 1.1 | 0.41 | tr | tr | 20.7 | 3.2 | 64.93 | 26.4 | 0.83 |
| 6.6 | 0.4 | 16.4 | 1.2 | 0.18 | tr | tr | 20.9 | 1.4 | 57.86 | 26.0 | 0.69 |
| 33.4 | 0.3 | 16.4 | 4.0 | 0.05 | 0.04 | tr | 25.3 | 4.8 | 83.14 | 41.5 | 0.83 |
| 4.0 | 0.3 | 8.6 | 2.0 | 0.06 | 0.05 | 0.1 | 11.8 | 2.4 | 39.64 | 40.7 | 0.60 |
| 3.0 | 0.9 | 135.2 | 8.0 | 0.08 | 0.08 | 0.1 | 24.5 | 2.8 | 72.86 | 55.9 | 1.87 |
| 2.0 | — | 135.2 | 3.0 | 0.03 | — | — | 4.4 | 0.0 | 10.92 | — | 1.01 |
| 19.0 | 0.3 | 100.0 | 5.8 | 0.36 | 0.36 | 0.2 | 16.0 | 4.7 | 59.36 | 57.3 | 2.21 |
| 10.0 | 0.8 | 66.7 | 7.5 | 3.86 | 1.39 | 1.4 | 17.7 | 8.3 | 78.43 | 58.5 | 1.97 |
| 2.5 | 0.8 | 29.4 | 3.4 | 0.10 | 0.10 | 0.1 | 7.4 | 3.4 | 32.57 | 61.2 | 1.39 |
| 1.0 | 0.4 | 7.5 | 3.2 | 1.03 | 0.61 | 0.2 | 9.1 | 6.3 | 42.00 | 61.5 | 1.01 |
| 7.0 | 0.3 | 10.2 | 1.3 | 0.08 | 0.08 | 0.1 | 21.4 | 6.3 | 79.29 | 40.3 | 0.69 |
| 3.7 | 0.3 | 8.8 | 3.2 | 0.13 | 0.13 | 0.0 | 11.3 | 6.9 | 56.57 | 54.9 | 0.64 |
| 0.0 | 0.6 | 7.2 | 3.3 | 1.03 | 0.61 | 0.2 | 8.9 | 5.2 | 43.50 | 61.6 | 0.85 |
| 1.0 | 0.4 | 6.2 | 1.6 | tr | tr | 0.0 | 9.9 | 3.7 | 40.07 | 48.5 | 0.90 |
| 1.0 | 0.4 | 6.2 | 1.9 | tr | tr | tr | 10.3 | 3.7 | 40.93 | 50.7 | 0.58 |
| 17.7 | — | 7.6 | 3.0 | 1.03 | — | — | 12.3 | 3.2 | 43.71 | 38.8 | 0.96 |
| 7.8 | 0.4 | 4.4 | 1.4 | 0.09 | 0.09 | 0.1 | 9.7 | 1.9 | 32.14 | 14.5 | 1.32 |
| 4.7 | 0.5 | 3.9 | 1.1 | 0.77 | — | 0.1 | 8.6 | 1.5 | 27.64 | 13.8 | 1.07 |
| 10.4 | — | 6.7 | 1.4 | 0.22 | — | — | 13.0 | 2.0 | 40.50 | 19.5 | 1.15 |
| 5.0 | 0.4 | 6.5 | 1.1 | 0.43 | — | tr | 11.1 | 1.6 | 34.28 | 20.6 | 1.13 |

（注2）表示法　1. $SiO_2$ ：比色によるイオン状ケイ酸
2. P ：可溶性燐

参考　酸　度（$CaCO_3$ ppm）：（epm）× 50.045
アルカリ度（$CaCO_3$ ppm）：（epm）× 50.045
ドイツ硬度（°dH）：全硬度（$CaCO_3$ ppm）× 0.056

地下水は 20.9°C となつており，ほかに較べ水温が高い。筑後川沿岸蛇行部地帯における被圧地下水は深度 20～80m で，20～21.3°C を示しており，調査地域のうちで最高を示している。筑邦町および久留米市南部地区では，深度 110m 以浅で 18.3～19°C，160m 程度では 19～19.8°C の地下水温度を示している。

### 7.2 水 質

#### 7.2.1 試料の採取および分析法

試料採取にあたつては調査地域の水質的な特徴を明確にすることを目的として，地域全体からなるべく均一に採取することに留意した。調査地域は，福岡県甘木市・久留米市・三井郡および浮羽郡の一部と，佐賀県鳥栖市などにまたがる地域で，これらの地域から表流水 5 点，自由面地下水 8 点，被圧地下水 30 点，合計 43 点の試料を採取した。採取位置を第 10 図に示す。また採取試料の分析は，pH，RpH，M-アルカリ度，$NO_2^-$, $NH_4^-$, $Fe^{2+}$, $SiO_2$ については現地で採取直後に，その他の成分については，実験室に持帰つた後，これを行なつた。分析法は原則として，JISK0101-1960，の方法および地質調査所化学課資料 501(2) 工業用水調査に伴う水質試験法によつた。分析結果は第 5 表のとおりである。

#### 7.2.2 水質の特徴

調査地域内の水試料の井戸深度は，第 5 表のとおりであるが，大部分被圧地下水に属し，自由面地下水の存在は甘木市の一部にみられるだけである。試料 No. 1～38 の水質を各成分ごとに検討した結果，大体次の 4 つのグループに分けられる。すなわち

1) Aグループ……甘木市三井郡，浮羽郡に分布する，No. 1～16 の採取地域。
2) Bグループ……鳥栖市に分布する，No.18～27 の採取地域。
3) Cグループ……久留米市に分布する，No.33～38 の採取地域。
4) Dグループ……上記 A，B，C と接触した中間地帯，No.17，28，29，30，31，32

以上 4 つのグループについて主要成分ごとに一覧表にしたのが第 6 表である。

#### 7.2.3 pH

pH 値は A，B グループではその範囲が比較的広く，平均値を求めることができない。C グループはその範囲がせまく，ほぼ中性 (7.3) を示した。A グループと B グループの一部に，中性値から弱酸性側の値を示し，pH と RpH との差は 0.5～0.9 の大きな値を示す。これは地下水層が比較的浅層部に属すること，また free $CO_2$ の多いことを示すものと考えられる。D グループに属するものは 7.5～7.9 で，いずれも弱アルカリ性側である。

#### 7.2.4 COD

COD は 1 ppm の多い値の 2 点を除き，他は 0.53～0.93ppm の範囲である。

#### 7.2.5 鉄 (total Fe, $Fe^{2+}$)

A，B，C グループは total Fe, $Fe^{2+}$ とも，点在して検出された。大体において total Fe の多いものは

第 6 表 筑後川中流域平野におけるグループ別地下水の主要化学成分

| | A グループ | B グループ | C グループ | D グループ |
|---|---|---|---|---|
| 地区名 | 甘木市，三井郡<br>浮羽郡 | 鳥栖市 | 久留米市 | A，B，C の中間地帯 |
| 質料番号 | No. 1～16 | No.18～27 | No.33～38 | No.17，28，29，30，31，32 |
| pH | 5.8～7.4 | 6.1～8.2 | 7.3 | 7.5～7.9 |
| pH と RpH との差 | 0.5～0.9 | 0.2 | | 0.0～0.4 |
| M アルカリ度 (epm) | 0.68～1.72 | | | 1.68～6.56 |
| $Cl^-$ (ppm) | 10.0 | | 10.0 以下 | 14.2～134.9 |
| $SO_4^{2-}$ (ppm) | 1～32 | | 10 以下 | 2～19 |
| $Na^+ + K^+$ (ppm) | 13.4 | 16.6 | 10.1 | 32.8～143.2 |
| $Ca^{2+}$ (ppm) | 5.8～25.3 | | 11.8 | 4.4～24.5 |
| $Mg^{2+}$ (ppm) | 2.3～6.6 | 0.2～5.7 | 3.7～6.9 | 0.0～8.3 |
| $SiO_2$ (ppm) | 49.5 | | | 54.5～61.2 |
| COD (ppm) | 0.69 | | | 0.94～2.21 |

$Fe^{2+}$ も多く検出され，鉄は $Fe^{2+}$ の型で存在しているものと思われる。

**7.2.6** $Mn^{2+}$

$Mn^{2+}$ の検出されたものは全体の約半数18試料で，その含有量は 0.1～2.1ppm の範囲である。0.5ppm 以上の値を示す試料は鉄も多い傾向がみられた。

**7.2.7** $SiO_2$

$SiO_2$ は 10ppm 台が4点，20ppm 台が3点の例外を除き，全体的に高い値を示し 38.5～61.5ppm の範囲であつた。

**7.2.8** 陰イオン（M-アルカリ度，$Cl^-$，$SO_4^{2-}$）

M-アルカリ度は A，B，C グループともに広範囲の値で，全体として 0.68～1.72epm を示すが大体において各グループともに，上流部から下流に向つて増加するような傾向がみられる。$Cl^-$ は A，B グループについては 10ppm 台，C グループは 10ppm 以下の低い値を示した。$SO_4^{2-}$ は A，B グループの弱酸性側を示す試料に，やや高い値がみられ，いずれも 10ppm 以上を示す。また B グループの大部分と C グループに属する試料は 10ppm 以下の値を示した。

**7.2.9** 陽イオン（$Na^+ + K^+$, $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$）

陽イオンのうち，$Na^+ + K^+$ はグループごとに比較的まとまつた値を示し，A では平均 13.4ppm，B では平均 16.6ppm，C では平均 10.1ppm である。また A グループでは上流部より下流部に向い幾分多くなる傾向がみられる。

$Ca^{2+}$ は A，B グループとも含有量の範囲が広く，10ppm 前後から 24ppm 前後の値を示す。C グループは1試料のみ 21ppm の多い値を示すが，他は平均した値で，11.8ppm である。$Ca^{2+}$ の多いものは下記に示す特徴がみられる。

1) Aグループ……pH と RpH の差が大きく，$SO_4^{2-}$ の含有量が 10ppm 以上の値を示す。

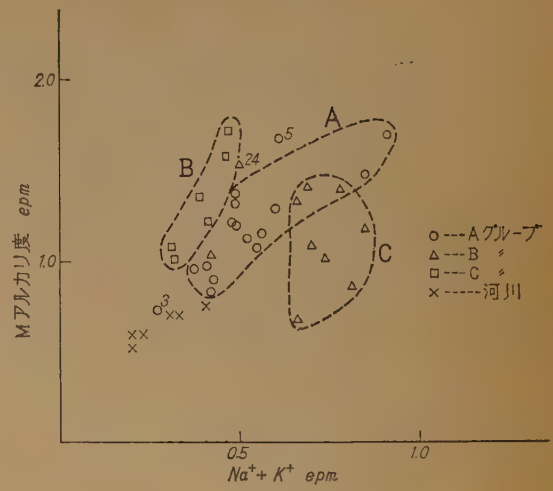
2) Bグループ……比較的浅層部から揚水していると思われる，井戸にみられる。

3) Cグループ……$Cl^-$，$SO_4^{2-}$，$Na^+$ などが多く，$SiO_2$ が少ないこと。

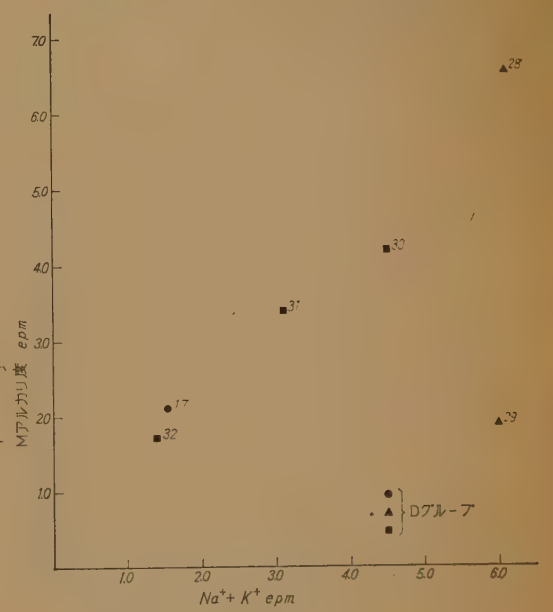
$Mg^{2+}$ は $Ca^{2+}$ と大体類似の値を示すが，Cグループでは全般的に絶対量も多いが $Ca^{2+}$ に比し高い値を示している。

### 7.3 水質の総括

これまで述べたように，さきに分類した各グループごとに，その水質が少しずつ異なつていることは帯水層の地質的な環境と条件，とくに堆積環境や水の供給源の違いなどからきていることはいうまでもない。第11，12図はM-アルカリ度と $Na^+ + K^+$ の関係を示したものである。

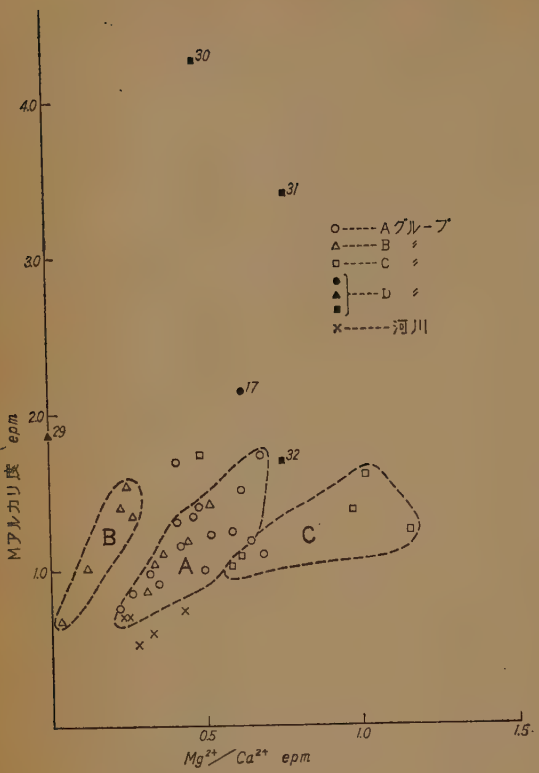



第11図　M アルカリ度と $Na^+ + K^+$ との関係（A）




第12図　M アルカリ度と $Na^+ + K^+$ との関係（B）

図からグループごとに，はつきりと区別ができるような，あるまとまりをもつて打点されていることは，それぞれの違つた特徴のあらわれとみてよい。また $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ は M-アルカリ度とは，ほとんど相関を示さないが，$Mg^{2+}/Ca^{2+}$ の比をとると，第13図のように大体グループごとに区別できるような分布がみられる。このことは各グループごとの，$Ca^{2+} + Mg^{2+}$ の溶出量の絶対値は別として，その比はほぼ一定であることを示すもの




第13図　Mアルカリ度と $Mg^{2+}/Ca^{2+}$ との関係

で，事実Aグループでは0.47，Bグループでは0.29，Cグループでは0.81を平均値としてこれらの値から極端に，はずれるものはみられない。

Dグループに属する試料は，いずれもガスの混入を伴うもので，このガス組成は試料 No.28，29，30を代表して第7表に示すように，窒素ガスを主成分とし，Heを伴う。このことから，このガスは一般の堆積性ガスではなく，おそらく深部の地質と関係のあるものと考えられる。したがつてDグループの水質を特徴づけるもつとも大きな因子となつたものは，堆積環境とともにガスの影響によるものと考察される。Dグループに属する No. 17，28，29，30，31，32は元来それぞれA，B，Cグループ系に属する水であると推察される。その理由としていえることは $Mg^{2+}/Ca^{2+}$ 比を求めてみた場合に No. 17では0.63，No.28，29では0.19，0.00，No.30，31，32ではそれぞれ0.48，0.77，0.76である。この値をグループごとの平均値，A：0.47，B：0.29，C：0.81と比較すると，C>A>Bの関係がそのまま保たれている。ただここで注目されるのは No.17を除いていずれも平均値より多少低い値を示しているが，この平均値との差の大小が，ガス湧出量と関係がありうる可能性が考えられる。

第 7 表　Dグループ地区におけるガス組成

| He | $H_2$ | $O_2$ | $N_2$ | $CH_4$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.045 | 0.014 | 8.35 | 91.30 | 0.07 | 0.25 |

採取時に空気の混入がみられる。
試料 No.28，No.29，No.30 の井戸から採取したガス組成の代表例
分析：永田松三
（単位：%）

## 8. 調査結果による総括的所見

佐賀県鳥栖市は国鉄鹿児島本線と長崎本線との分岐点にあたつており，北九州内陸部の中心をなしているが，最近鉄道の電化や国道幹線の整備が進められるにつれて，今後さらに発展するものと思われる。とくに昭和38年以降，佐賀県では企業の誘致をはかり，工業の振興につとめた結果，急速に工場の進出増加がめだつている。

鳥栖市においては轟木・藤木など工業団地の開発を進めており，すでに20数社におよぶ新しい企業が進出している。また福岡県甘木市には新しいビール工場が建設されており，ブリヂストンタイヤK.K.など久留米市の既存ゴム工業などをあわせ，当地域は新しい内陸工業地帯として，飛躍的に発展するものと予想される。

現在，鳥栖市における工業用水源は，いずれも深井戸による被圧地下水が利用されているが，今後の水需要を考慮して用水源確保のため，県営工業用水道の建設を進めている。

筑後川支流における新宝満川から，1日あたり50,000 $m^3$（最終計画100,000$m^3$）程度の表流を取水し，国道沿線の工業団地に給水しようという計画である。なお鳥栖市においては現在上水道設備がなく，将来新宝満川から都市用水として，べつに13,000$m^3$/day程度の水源開発を考えている。今後国道34号沿線においては，ますます工場進出の増加することが予想されるので，これに伴つて都市用水の需要増加などを，当然考慮しなければならない。今後これら用水源確保のため，ぜひとも筑後川水系の水資源開発利用を，速急に促進して行く施策が必要と思われる。

久留米市においては日本ゴムK.K.および，ブリヂストンタイヤK.K.などが筑後川の表流を利用している。日本ゴムK.K.の水利権は129 $l$/secであるが，夏期渇水時には水面低下のため，取水量の減少することがあるといわれる。久留米市上水道では，筑後川から夏期最大

42,000m³/day 程度を取水している。将来北野町や筑邦町など隣接区域への給水増加が予想されるので，これら都市用水の需要増加に対処し，1日あたり 61,000m³ 程度の拡張を計画している。

今回実施した調査結果によると，鳥栖・久留米地区における用水総取得量は 127,000m³/day，また大牟田地区では 105,000m³/day 程度である。このうち筑後川および菊池川などにおける表流水の利用は 138,000m³/day である。

現在，北九州工業地帯における水資源の開発構想は，筑後川からのかなり大規模な取水計画が考えられている。この開発にあたつては，いずれも筑後川における余裕水量の厳密な把握が前提となるわけである。またさらに筑後川沿岸地域の地元開発など，要望水量についても今後なおかなり意見の調整が必要であろう。またこのほか農業用水など既得水利権の優先についても，今後まだ幾多の未解決問題が残されている。

大牟田地区においては，三井化学工業 K. K. および東洋高圧工業 K. K. など，石炭資源を背景とした化学工場が多数操業を行なつている。当地区の都市用水および工業用水源は，いずれも熊本県内の水源に依存している。とくに三井・三池の既設石炭コンビナートにおける工業用水源は，その大半が熊本県菊池川の表流によつてまかなわれている。現在，菊池川取水量はおよそ 50,000m³/day であるが，今後三井化学工業 K. K.・三井コークス K. K. などの増設計画に伴つて，さらに水需要の増加が見込まれている。一方熊本県の長洲地区においては埋立用地の造成を進めており，ここに用水型工場などの工業化を考えているが，いずれも菊池川の水源を予定している。また熊本県玉名平野におけるかんがい用水は，三井鉱山専用水路繁根木分水場を経由して，菊池川からおよそ 150,000m³/day（夏期）程度を取水している。ここ数年来福岡・熊本両県の間で，菊池川の配分計画につき調整が行なわれてきたが，今後合理的な水利用の対策をはかることにより，さしあたり可能な範囲で菊池川から取水することに話合が進められている。しかし大牟田地区における工業用水源は，将来やはり筑後川に依存しなければならないものとみられている。なお，有明臨海工業地帯における開発構想が本格化するにつれて，これら用水源確保のためには，さしあたつて菊池川を水源とする，熊本・福岡両県合同による工業用水道の建設計画がぜひ必要となろう。

## 文　献

1）原田穐成(1956)：福岡県甘木市周辺の地下水概査について，甘木市商工観光課
2）蔵田延男(1956)：福岡県筑紫平野北部洪積台地における地下水利用について，福岡県
3）村下敏夫他3名(1961)：筑後川下流平野の地下水，地質調査所月報，vol. 12, no. 9, p. 687～696
4）野間泰二(1961)：佐賀県鳥栖地区の揚水試験報告書，佐賀県

# 概　　報

553.94：551.7（524）：550.834

## 石狩炭田北部音江山地域新城南部の地震探査について

市川　金徳*


### 要　旨

1）本調査は，原料炭田周辺の地質学的総合研究計画の一環であつて，原料炭田開発の資料を得る目的で，第1回を新城南部地区において行なつたものである。

2）地震探査（磁気記録式，反射法）を行なつた結果，新城南部地区の地下構造の大勢を知ることができた。すなわち，一連する反射波から滝川層基底部は約120～400m，石狩層群基底部の深度は地表から約1150～1570mと，それぞれ推定された。

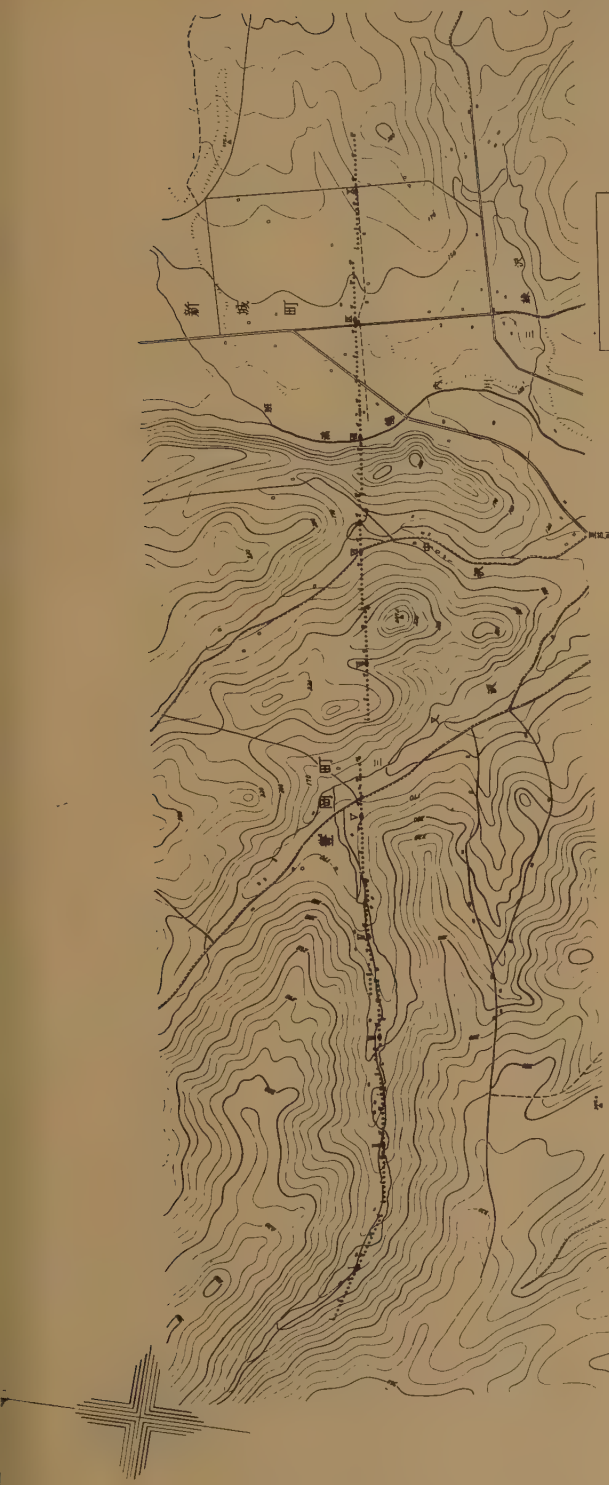
3）本測線（東西測線）の全体的な地下構造の傾向は，測線東方の向斜軸によつて，東および西に向かつて，ゆるい昇斜を示しているようである。


### 1. まえがき

昭和39年7月中旬から8月中旬にわたり，石狩炭田北部音江山地域の新城南部において地震探査（反射法）を実施した。本調査は，石炭局による原料炭（弱粘結炭）炭田開発調査の先駆的調査研究である原料炭田周辺の地質学的総合調査研究の一環として実施したものであ

第1図 a　位置図

* 物理探査部




第1図 b　石狩炭田北部音江山地域新城南部地震探査測線図（反射法）

る。これは原料炭既開発芦別区域に北接する新城地区の地質構造を解明し，今後に計画されている構造試錐の位置選定にそなえ，未開発原料炭田の開発に対する基礎資料を提供しようとするものである。

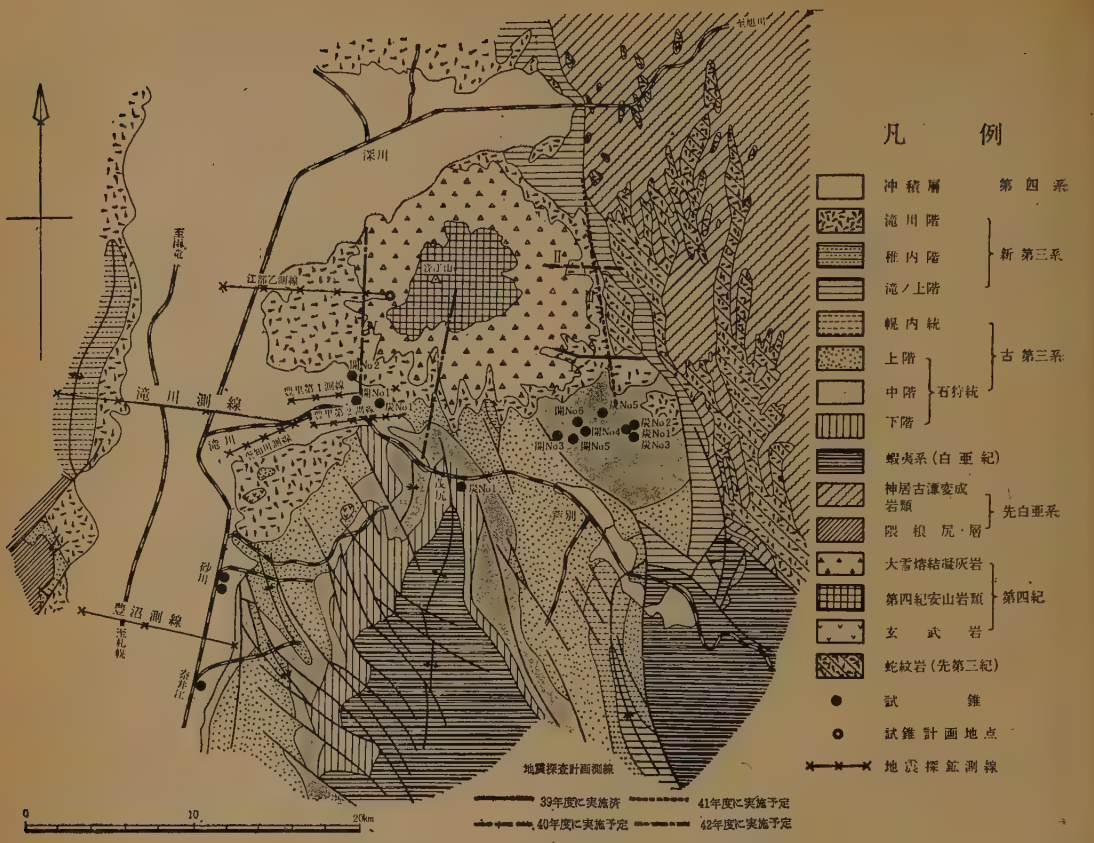
地震探査は，本地区の東西に約 5 km の測線を設け，磁気記録方式による調査を行なつた結果，比較的明瞭に，多くの反射情報を得ることができた。

本調査の，実施計画ならびに現地監督などは筆者が担当し，現地調査および結果の解析などは外注作業として，宇部興産 K. K. が実施した。以下宇部興産 K. K.（栗原重利・片寄邦之他 6 名）の報告に基づいて，ここに報告する。

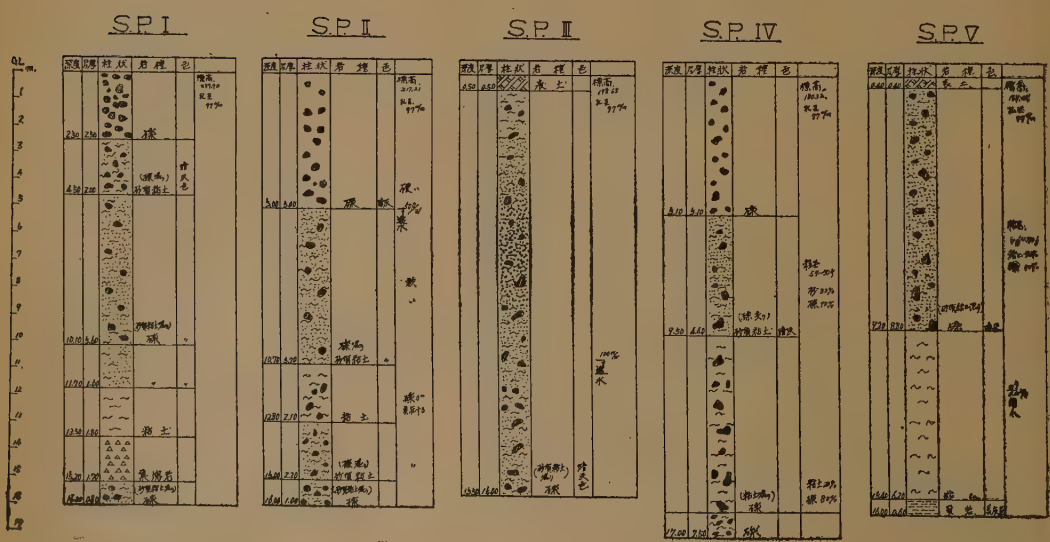
## 2. 調査地の概要

本調査地は，西のイルムケップ火山（864m）と東の班渓幌内山（910m）の間の比高 40m 内外の丘陵地帯で，中央低部には空知川の支流である班渓幌内川が南流している。調査測線は，その中央低域部を東西に横切り左右の丘陵地帯にまたがつている。本地区に至るには芦別駅からバスの便がある。

調査地の地質は，下部より神居古潭変成岩類，白亜系，古第三系の石狩層群および幌内層，新第三系の川端層群および滝川層，第四紀のイルムケップ火山岩類，玄武岩および段丘堆積層，沖積層である。調査測線の西方にはイルムケップ火山岩屑が下位の岩層をおおつて分布し，南方には西北西ないし北北西方向に走る緩傾斜の断層群によつて切られる褶曲構造の石狩層群（中部）が分布している。また測線東方には神居古潭変成岩類ならびに川端層群が分布するが，これらの地層は北北西―南南東方向の断層によつて区切られ西南地域には分布していない。測線上付近には，班渓幌内川流域に沿つた滝川層が分布し，南より延長する含炭古第三



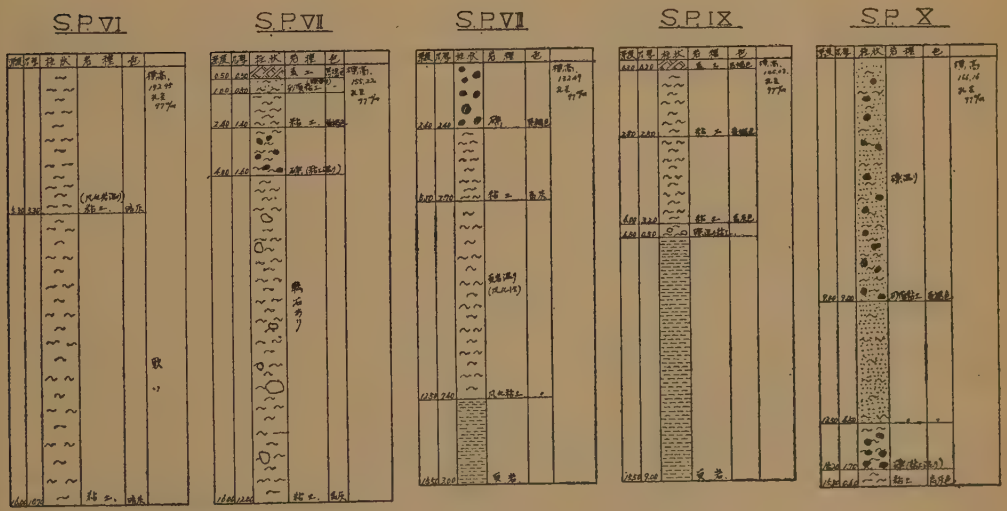

第 2 図　石狩炭田北部音江山地域周辺の地質および地震探査計画図
凡例の下位に示された地震探鉱測線は，すでに調査終了済みのものである。




第 3 図　石狩炭田北部音江山地域新城南部

第 1 表　石狩炭田北部音江山地域新城南部地震探査調査表（昭和 39 年度）

| 調査実施期間（同日数） | 昭和 39 年 7 月 19 日～昭和 39 年 8 月 16 日（28 日間） | | | |
|---|---|---|---|---|
| 係別 | 班長・事務係 | 計測係 | 測量係 | （請負）作孔係 |
| 滞在人員 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| 滞在日数 | 29 | 23 | 25 | 24 |
| 延日数 | 52 | 92 | 50 | 48 |
| 総延日数 | 計 242 | | | |
| 人夫数延 | | 217 | 98 | 22 |
| 総延人夫員 | 計 337 | | | |
| 使用したおもな器械類 | 地震探鉱器 | S．I．E．製地震探鉱器 P11＋PMR 6 | | |
| | 作孔機（請負） | 東邦地下工機製 RL-100 型 | | |
| 爆破孔 | 形式 | 全孔共単一孔 97m/m（最終孔径） | | |
| | 数量 | 10 孔 | | |
| | 深度 | 15 m | | |
| | 延深度 | 150 m | | |
| 測線長 | 4836.37 m | | | |
| 爆破回数 | 11 回 | | | |
| 消費爆薬量 | 90 kg | | | |
| 作業場設置 | 7 月 23 日 | | | |
| 作業場廃止 | 8 月 13 日 | | | |



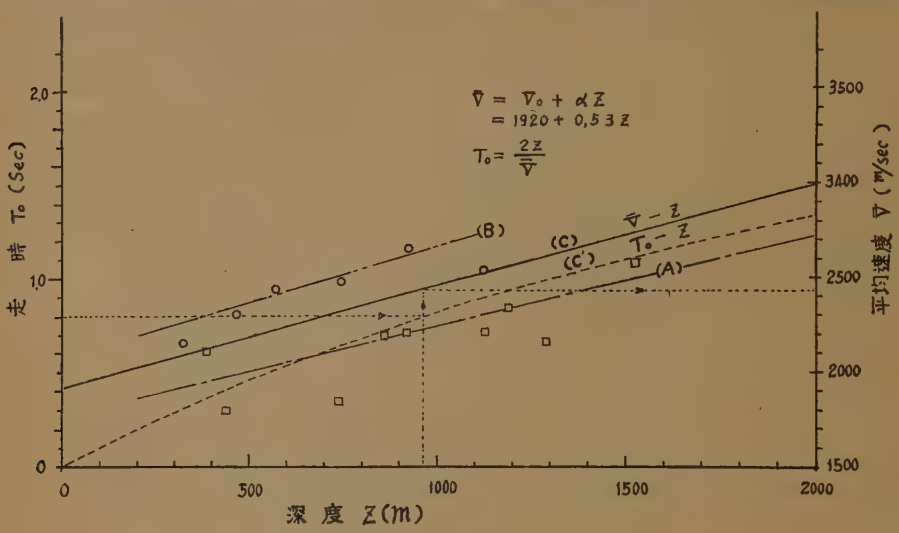

地震探査測線用爆発孔地質柱状図

系（石狩層群中部）を不整合に覆つている。

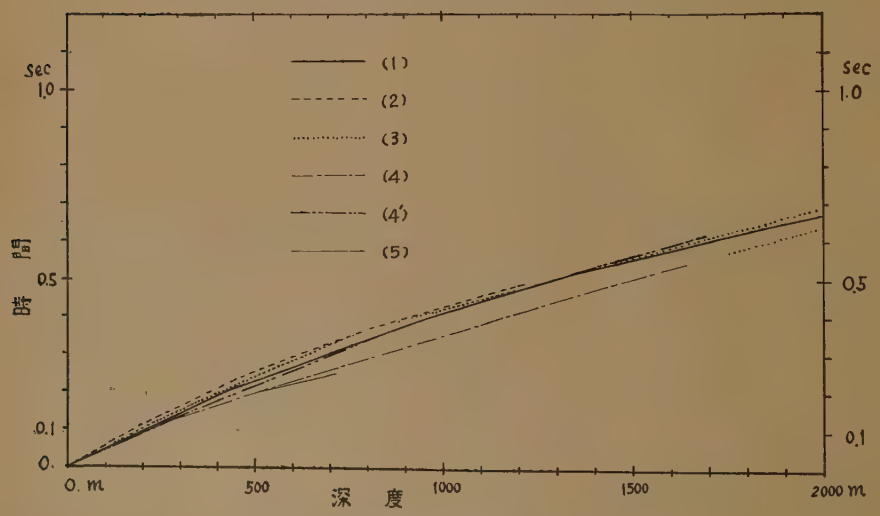
## 3. 作 業 概 要

### 3.1 調 査 目 的

本地域は，原料炭田の既開発地域として知られている石狩炭田芦別地区の北部に隣接しているにもかかわらず，こんにちまで本格的な調査が行なわれていなかつた。このことは，本地域の地表は，新期の地層（新第三紀の滝川層）や第四紀の火山岩類によつて覆われているため，含炭古第三紀層（石狩層群）の状況，とくにその厚さ・炭層の賦存状況を知ることは困難であつた。そこで今回，地震探査により，新城区域（音江山地域東部）の地下構造の大勢を把握し，今後計画されている構造試錐の位置選定にそなえ，合せて未開発原料炭田の開発資




第 4 図　音江山地区新城南部地震探査測線反射記録による平均速度の算定資料




第 5 図　地震探査による深度と時間との関係
（1）奈井江速度検層資料
（2）滝川測線 Ⅲ 地点 〃
（3）江部乙測線Ⅳ地点 〃
（4）豊里測線の結果より算出した新城南部測線ⅤⅣ地点の推定値
（速度の高域を取つたもの）
（4′）〃
（速度の低域を取つたもの）
（5）新城南部測線

料を得ようとしたものである。

### 3.2 調査測線

北海道芦別市豊岡町三又山沢から同市新城町南部に至るほぼ東西方向の長さ4,836mの測線である（第1図）。

### 3.3 調査方法

調査器械は米国 SIE 社製反射屈折兼用磁気テープ記録式地震探鉱器（24成分）を使用し，受振器9個の群設置で，連続スプリット展開による反射法によつて観測した。記録は，フイルター Out で磁気記録し，表層補正量と高度補正量の和で磁気ヘッドを補正した後，フイルター Out～42 サイクルおよび 45～64 サイクルの2種類で再生した。解析には楕円描出法を採用した。

爆発孔の作成には，東邦地下工機製 PL-100 型のロータリー式試錐機を使用し，孔径は 97m/m，深度は 15m，各爆発点は1孔とした。

また，観測においては表層補正計算の資料を得るため，各スプレッドの両端で表層補正用の小発破を行なつた。発破孔の状態については第10図を参照。

## 4. 調査結果

### 4.1 浅層の速度層

初動走時曲線の解析結果（第10図）によると，地表付近の速度層は表層では 820～1,300m/sec であるが，イルムケップ火山岩屑堆積地区の 5～6 spread では 1,240～1,300m/sec と比較的早くなつている。風化層厚は薄層部で厚さ3～4 m，山地の厚層部で 20m 以上，普通には7～10m 程度となつており，ほぼ水平の発達である。表層下の第1層の速度層は，1,700～2,330m/sec の速度範囲で分布し，西半部（1～6 spread）の 2,000～2,330m/sec の早い部分と，東半部（7～10spread）の 1,700～1,950m/sec のおそい部分に分かれている。

### 4.2 反射波走時と平均速度との関係

反射波走時と平均速度との関係は，反射記録を利用して算定した。

第4図は，A曲線は栗原重利[1]による

$$\overline{V}=\sqrt{\frac{n\ (n^2-1)}{12\sum_1^n (it_i\delta t_i)-6(n+1)\sum_1^n (t_i\ \delta t_i)}}\cdot \Delta$$

より算定した $\overline{V}-Z$ の平均曲線，B 曲線は，Dix[2]による略算式

$$\overline{V}=\Delta x\sqrt{\frac{1}{2\ (T^2_W+T^2_E-2\ T^2_0)}}$$

で算定した $\overline{V}-Z$ の平均曲線である。C曲線は両者の平均曲線を表わし，C′曲線は C曲線より導かれた $T_0$ —Z の関係を示す。

第5図は第4図を検討するため本調査地周辺の既調査測線から得た資料をまとめて示したものである。（1）曲線は，奈井江試錐井における坑井内速度測定調査報告[3]から，（2）曲線は，滝川地区地震探査報告[4]の S.P. Ⅲ 地点における深度一走時の関係から，（3）曲線は江部乙地震探査[5]，S. P. Ⅳ 地点における深度一走時の関係から，（4）曲線は新城南部測線，S.P. Ⅷ 地点付近の推定地質構造（三井芦別資料）から計算した深度一走時の関係である。（4）曲線の速度は，豊里炭鉱付近地震探鉱調査速報[6]による石狩層群の各上限速度より導き，（4′）曲線の関係は本測線の解析計算の基礎資料となるように思われる。

### 4.3 全体的の地下構造の考察

第8 spread 測点 No. 20 付近の向斜軸を中心にして，地層は東方への緩上昇構造となり，西部は S.P. Ⅳ に向かう昇斜構と，その西域の波状の起伏構造となつているように推定される。この構造は地質的解釈の結果によると，全体的には北側へ単斜的に傾いている。

また断層あるいは急傾斜の構造には第2 spread 測点 No. 1 付近に西落，第3 spread 測点 No. 5 付近に東落，第4 spread 測点 No. 15 付近に東落，第5 spread 測点 No. 15 付近に西落，第7 spread 測点 No. 18 付近に東落の段構造等が考えられる。しかしこれらはそれぞれ走向，落差，規模等が不明であり，その断層性も疑わしいものがあるように思われる。

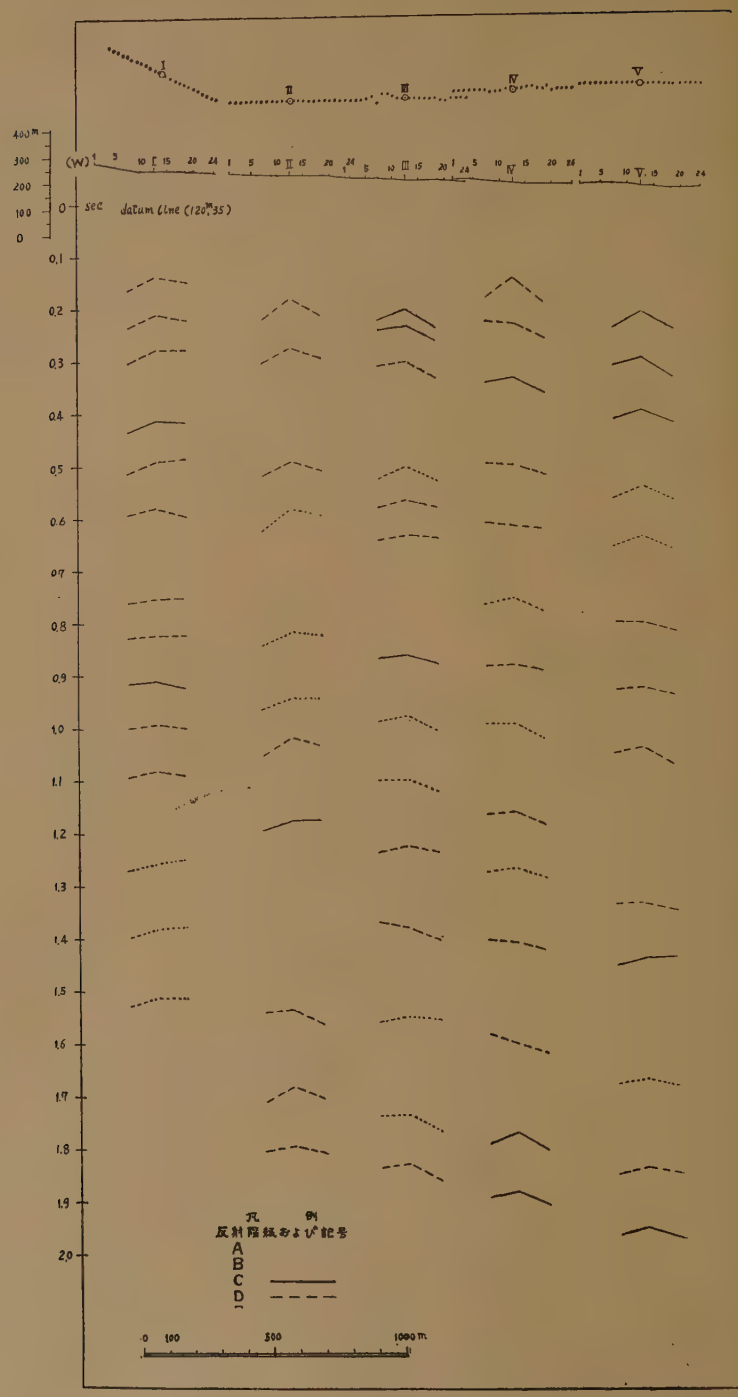
## 5. あとがき

以上の結果を要約すると，

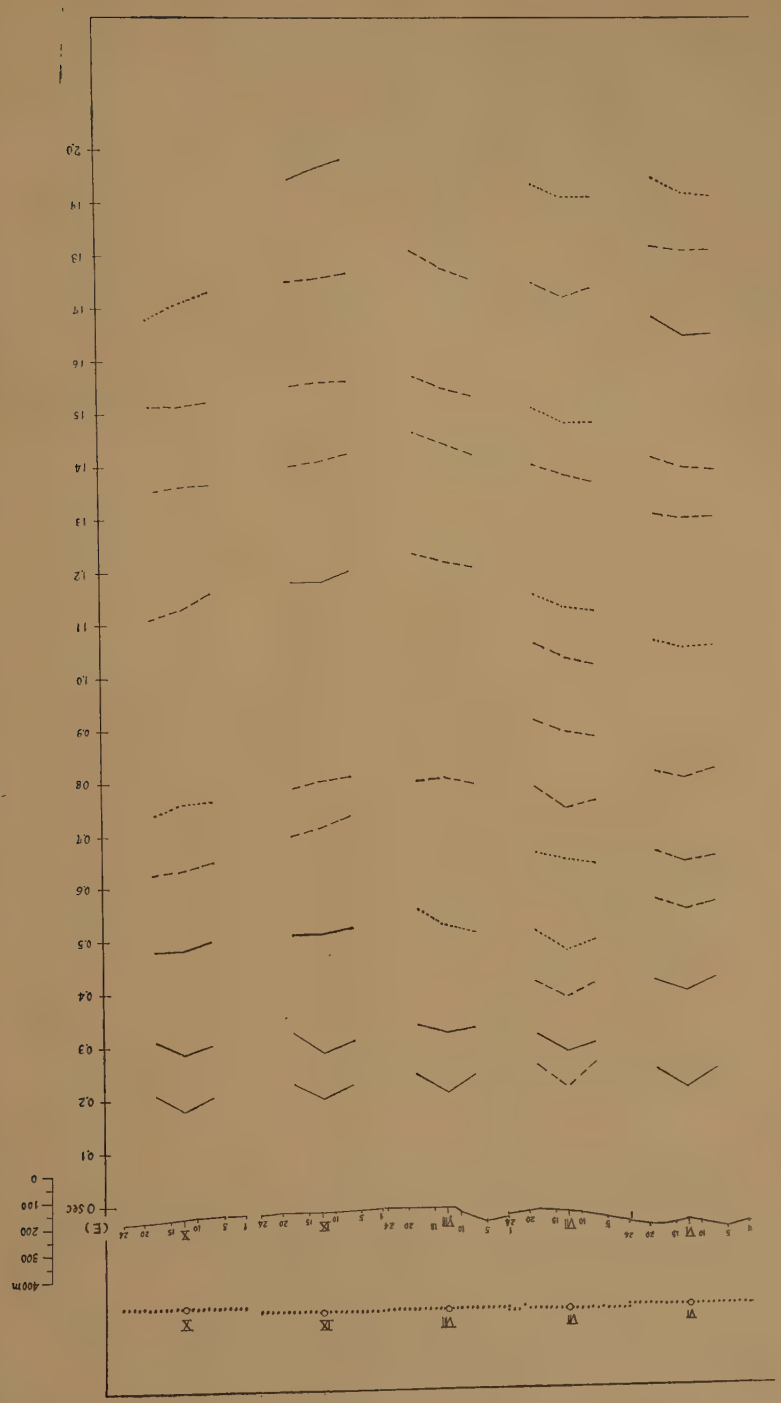
(1) 本測線の反射記録から得られた走時一平均速度の関係は，石狩炭田の既地震探査測線のそれとよく近似している。

(2) 全体的の地下構造は，第8 spread No. 20 付近の向斜軸を中心にして地層は東方にゆるい上昇構造，西方には S.P. Ⅴ 付近までの昇斜構造とそれに続く西域のゆるやかな起伏構造を表わしている。しかし測線に直交した方向には北側へ降斜した構造をもつようである。

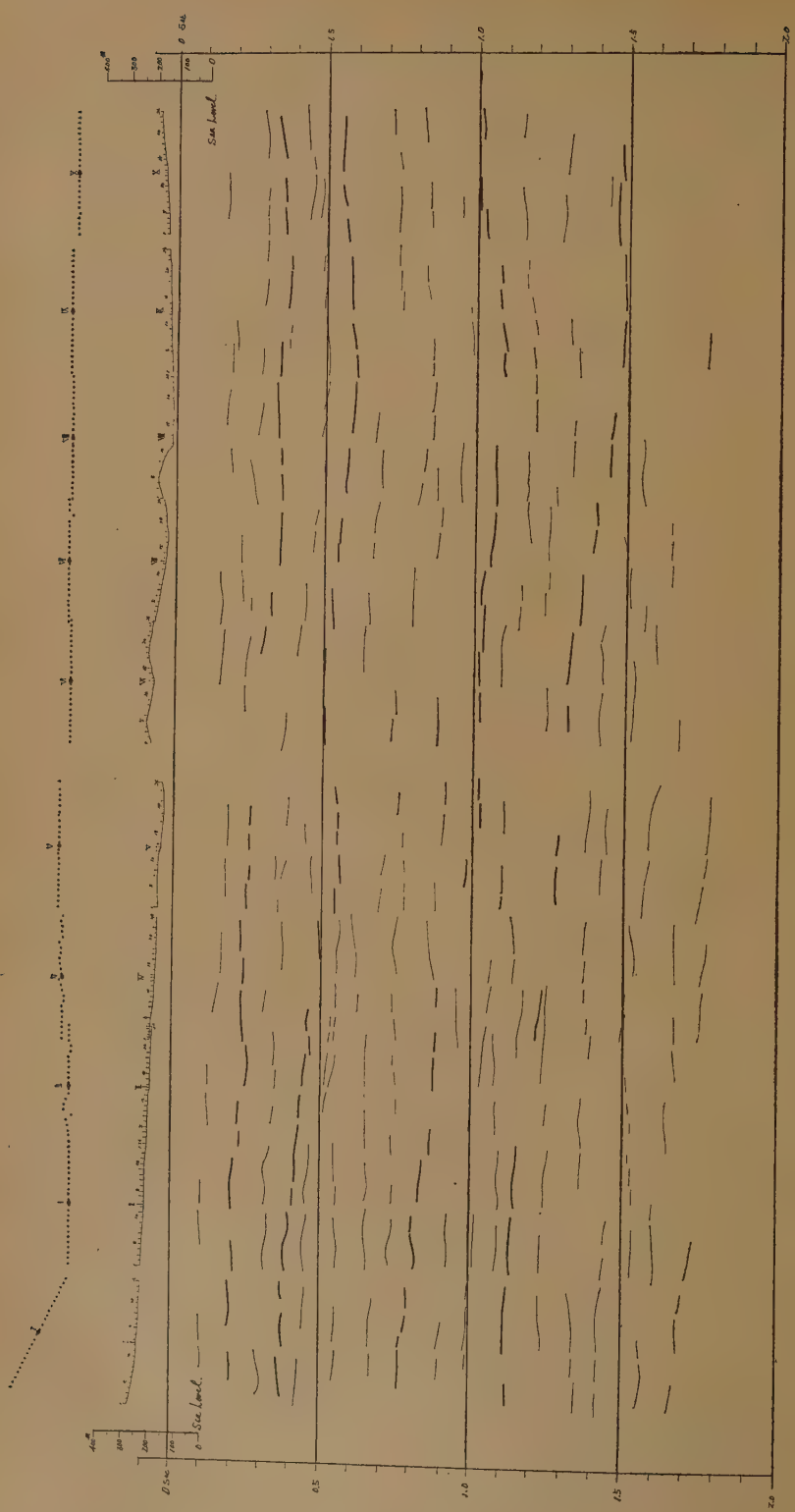
(3) 数箇所で断層が予想されるが，その性状や速度層の分布状態についてはなお不明な点が多い。したがつて，石狩層群以下の地層の分布状態を明確にするには，なお屈折法，試錐，物理検層等の探査が必要と思われる。



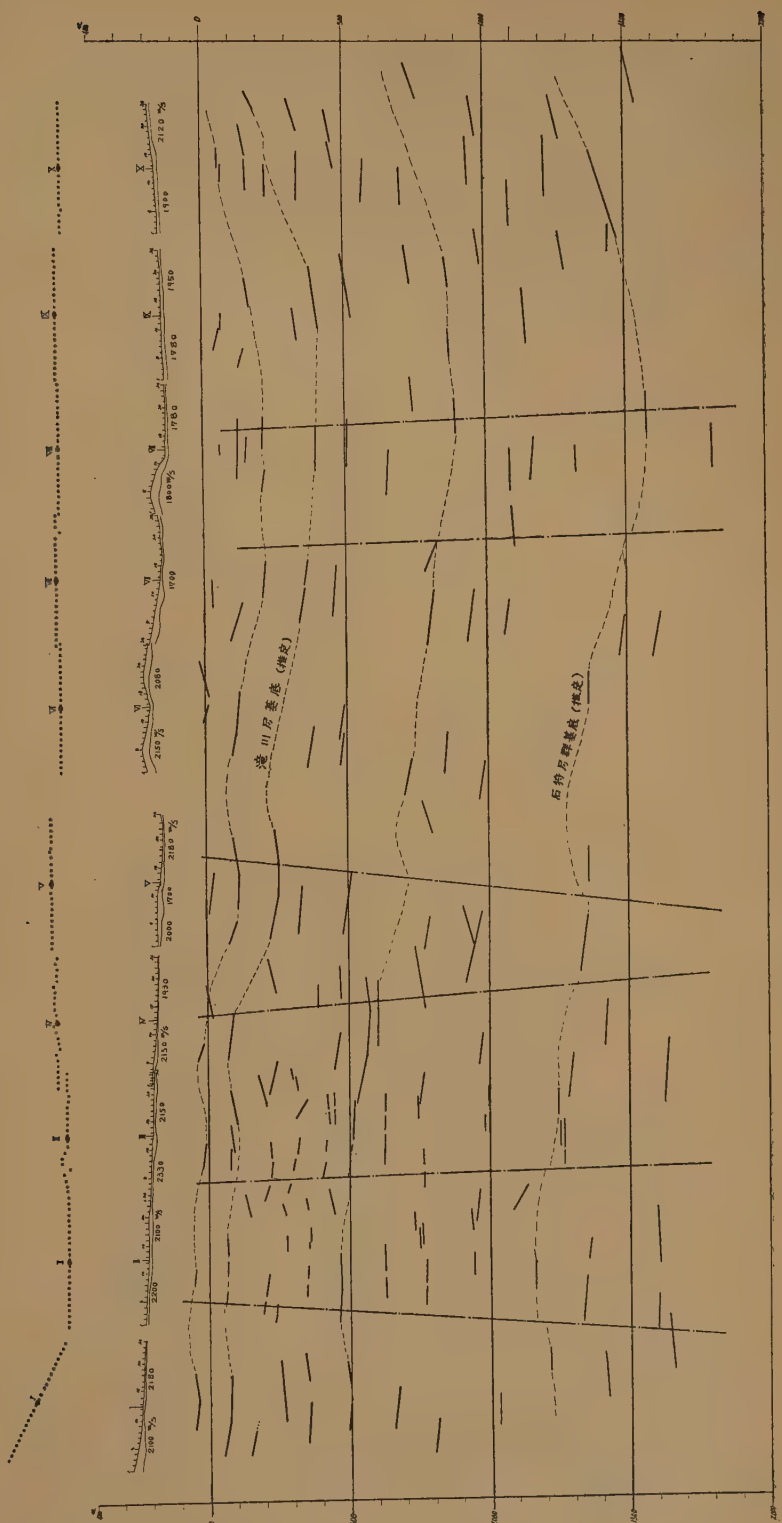

第 6 図　石狩浜田北部音江山地域新城



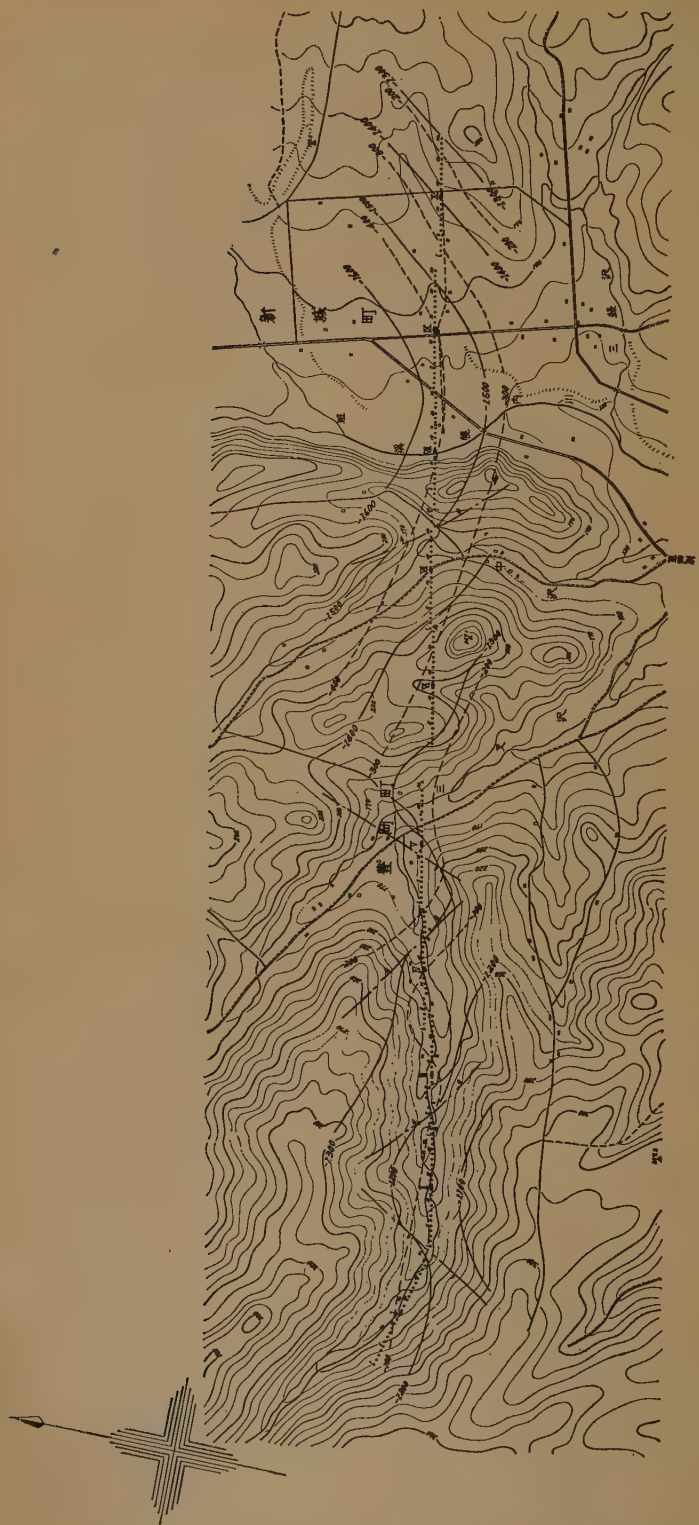
南部地震探査測線時間断面図（反射法）




第 7 図　地震探査測線時間断面図(反射法)




第８図　地震探査測線深度断面図（反射法）




第 9 図　地震探査測線地震構造図（反射法）

## 文　献


1）栗原重利(1954)：反射記録利用による平均速度の算定法，物理探鉱，vol. 7, no. 3

2）Dix, C. H. (1952)：*Seismic Prospecting for Oil*, Harper. & Brothers

3）蟾川親治・鎌田清吉(1957)：北海道奈井江試錐井における坑井内速度測定調査報告，地質調査所月報，vol. 8, no. 3

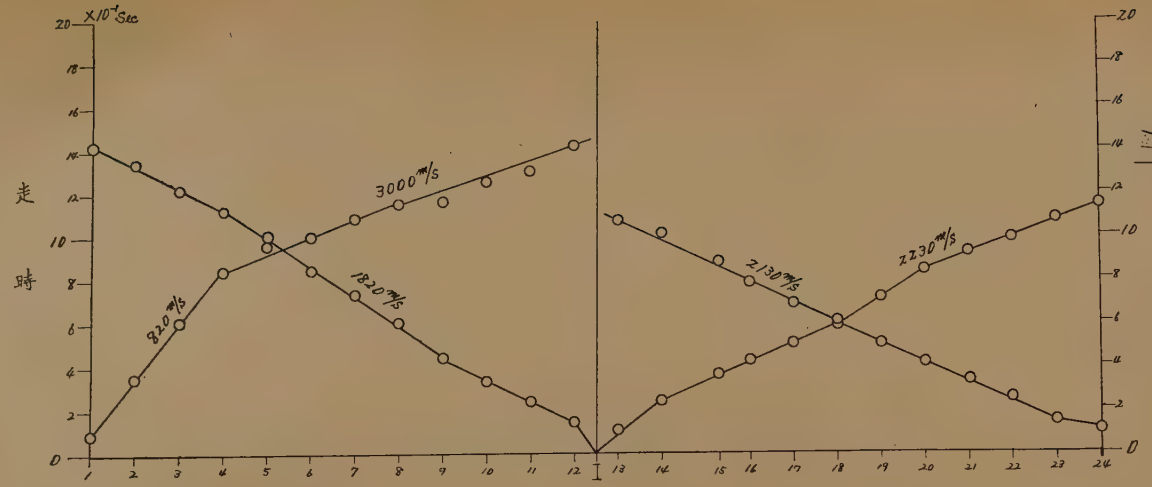
4）蟾川親治・田中章介(1958)：北海道滝川地区地震探査報告，地質調査所月報，vol. 9, no. 11

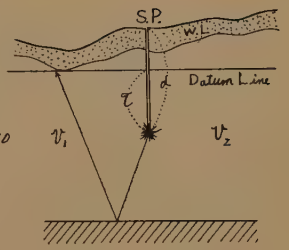
5）蟾川親治(1954)：北海道江部乙地区地震探鉱調査報告，地質調査所資料

6）立石哲夫(1951)：北海道豊里炭砿附近地震探鉱調査速報，地質調査所月報，vol. 2, no. 9

7）早川正巳 (1948)：北海道滝川地区地震探鉱調査速報，地質調査所資料

8）河野義礼(1956)：5万分の1地質図幅「歌志内」ならびに同説明書，北海道開発庁

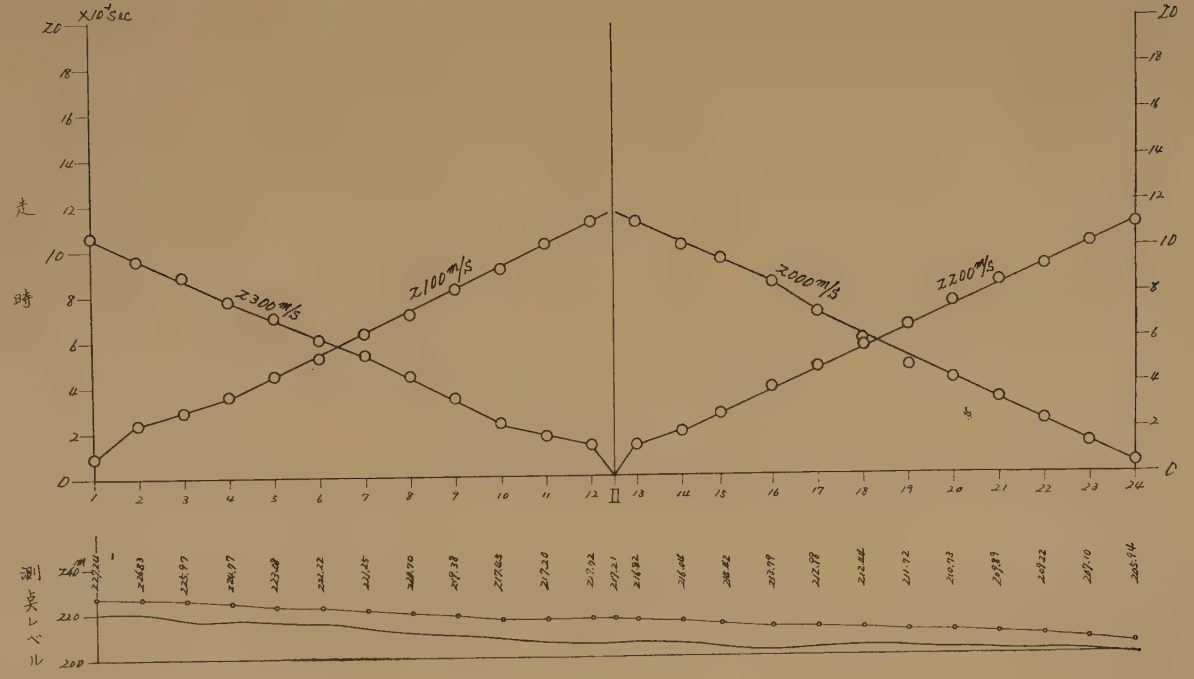



UH.Tm (S/100) = 1.2
S.P. Level (m) = 239.90
Vw (m/sec) = 820
V₁ " = 2180
V₂ " = 2180
D.L. Level (m) = 224.30
d (m) = 15.01
τ (Sec/100) = −0.21

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表層厚 (m) | 22.0 | 27.1 | 28.7 | 27.1 | 28.0 | 24.1 | 18.9 | 14.4 | 10.3 | 9.4 | 7.8 | 7.4 | 7.60 | 10.20 | 8.84 | 8.20 | 9.80 | 9.30 | 7.60 | 10.80 | 10.60 | 9.45 | 8.60 | 6.15 |
| 表層補正時間 (S/100) | 2.90 | 3.30 | 3.50 | 3.30 | 3.05 | 2.65 | 2.30 | 2.00 | 1.25 | 1.15 | 0.95 | 1.05 | 1.05 | 1.25 | 1.20 | 1.00 | 0.90 | 0.95 | 1.05 | 1.25 | 1.25 | 1.15 | 1.05 | 0.75 |
| D.L 補正時間 (S/100) | 0.98 | 0.78 | 0.70 | 0.60 | 0.51 | 0.57 | 0.50 | 0.50 | 0.66 | 0.61 | 0.61 | 0.55 | 0.48 | 0.81 | 0.38 | 0.30 | 0.28 | 0.25 | 0.19 | 0.05 | 0.05 | 0.02 | 0 | 0.07 |
| 全補正時間 (S/100) | 0.68 | 4.07 | 2.99 | 3.69 | 3.76 | 2.31 | 2.59 | 2.29 | 1.70 | 1.56 | 1.33 | 1.87 | 1.32 | 1.86 | 1.58 | 1.07 | 0.97 | 0.99 | 1.03 | 1.09 | 1.09 | 0.96 | 0.82 | 0.61 |

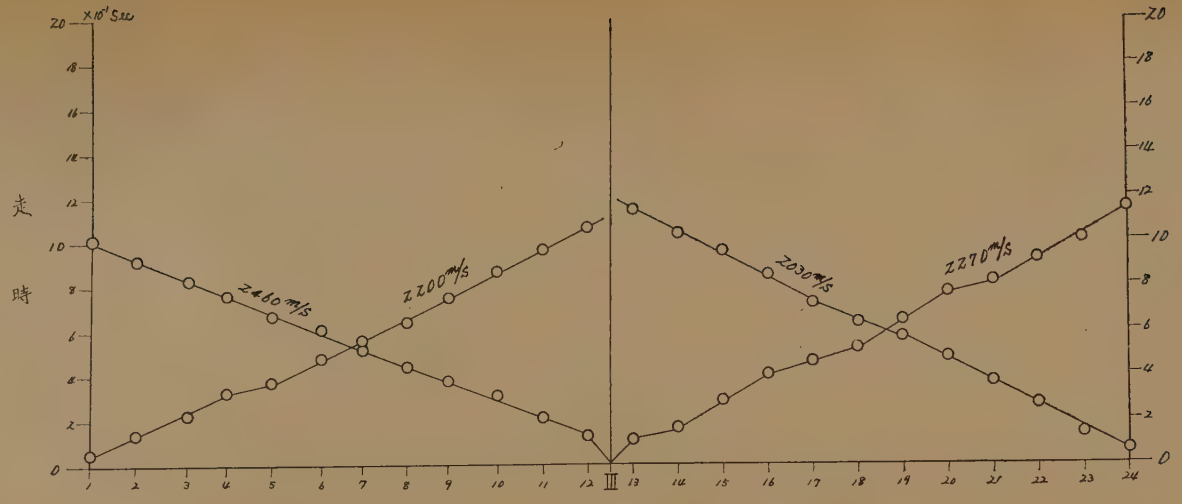
第10図－1　初動走時曲線および補正量表　1. スプレット




| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表層厚 | (m) | 6.2 | 5.6 | 8.2 | 6.2 | 7.3 | 6.2 | 7.4 | 7.8 | 8.4 | 7.3 | 10.0 | 10.9 | 10.0 | 9.5 | 10.6 | 10.6 | 8.2 | 6.7 | 7.8 | 7.3 | 7.8 | 6.2 | 6.2 | 5.6 |
| 表層補正時間 | (S/00) | 0.55 | 0.50 | 0.78 | 0.55 | 0.65 | 0.55 | 0.75 | 0.70 | 0.75 | 0.65 | 0.90 | 0.50 | 0.90 | 0.85 | 0.95 | 0.95 | 0.75 | 0.60 | 0.85 | 0.65 | 0.70 | 0.55 | 0.55 | 0.50 |
| D.L 補正時間 | (S/00) | 0.94 | 0.95 | 0.78 | 0.83 | 0.70 | 0.71 | 0.56 | 0.87 | 0.82 | 0.85 | 0.31 | 0.34 | 0.31 | 0.30 | 0.16 | 0.13 | 0.20 | 0.26 | 0.09 | 0.15 | 0.08 | 0.12 | 0.03 | 0 |
| 全補正時間 | (S/00) | 1.37 | 1.33 | 1.81 | 1.26 | 1.23 | 1.14 | 1.19 | 1.18 | 1.11 | 0.98 | 1.09 | 1.12 | 1.09 | 1.03 | 0.99 | 0.96 | 0.88 | 0.74 | 0.82 | 0.68 | 0.66 | 0.55 | 0.46 | 0.38 |

U.H.Tm (Sec/00) = 1.4
S.P. Level (m) = 217.21
$V_m$ (m/Sec) = 1120
$V_1$ 〃 = 2200
$V_2$ 〃 = 2100
D.L. Level (m) = 200.34
$d$ (m) = 14.29
$\tau$ (Sec/00) = −0.12

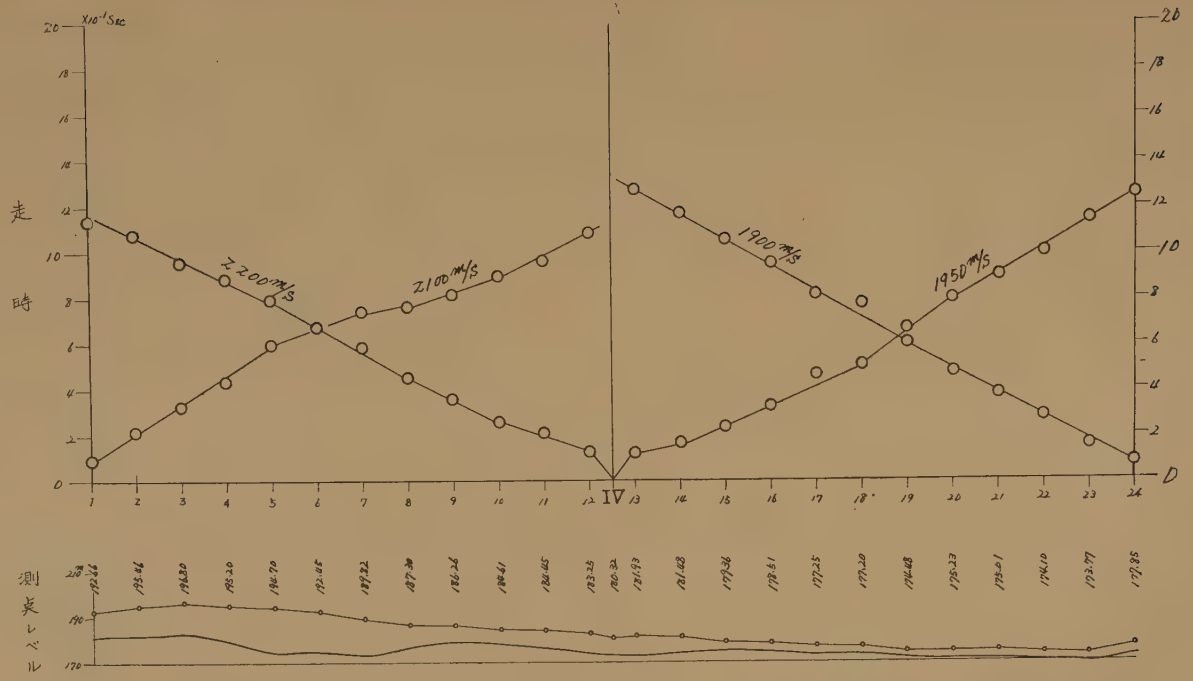
第10図-2　2. スプレット




| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表層厚 (m) | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 7.9 | 4.9 | 7.9 | 5.5 | 7.3 | 10.4 | 13.4 | 12.8 | 13.4 | 12.2 | 9.2 | 10.4 | 11.6 | 9.2 | 8.7 | 9.8 | 8.6 | 9.8 | 7.9 | 5.5 | 9.8 |
| 表層補正時間 (S/100) | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.65 | 0.40 | 0.65 | 0.45 | 0.60 | 0.85 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.00 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 0.60 | 0.55 | 0.80 | 0.95 | 0.65 | 0.65 | 0.45 | 0.80 |
| D.L 補正時間 (S/100) | 0.95 | 0.90 | 0.86 | 0.79 | 0.87 | 0.87 | 0.92 | 0.81 | 0.82 | 0.78 | 0.32 | 0.25 | 0.21 | 0.42 | 0.33 | 0.28 | 0.63 | 0.35 | 0.19 | 0.09 | 0.24 | 0.16 | 0.25 | 0 |
| 全補正時間 (S/100) | 1.22 | 1.17 | 1.13 | 1.21 | 1.06 | 1.11 | 0.96 | 0.99 | 1.10 | 1.21 | 1.19 | 1.12 | 1.08 | 0.92 | 0.95 | 1.00 | 0.90 | 0.67 | 0.76 | 0.81 | 0.66 | 0.68 | 0.87 | 0.67 |

第10図-3　3. スプレット

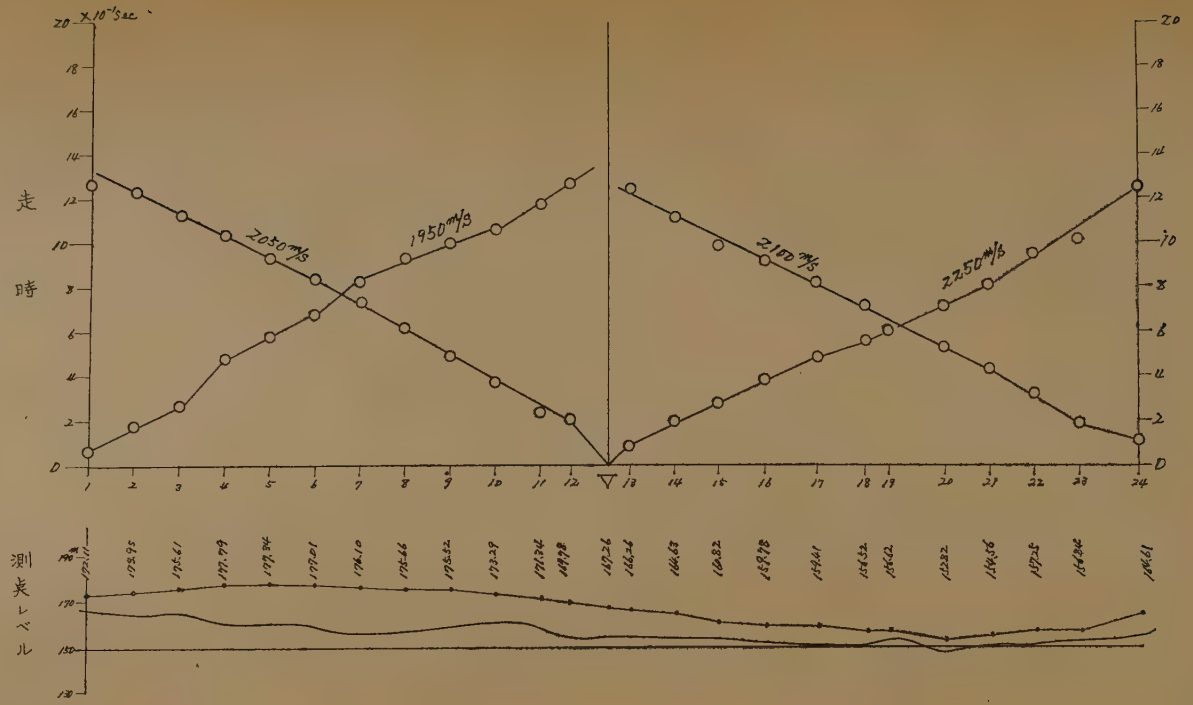
U.H.Tm (Sec/100) = 1.11
S.P. Level (m) = 198.65
Vm (m/Sec) = 1226
$V_1$ 〃 = 2330
$V_2$ 〃 = 2150
D.L. Level (m) = 179.19
d (m) = 14.30
$\tau$ (Sec/100) = -0.23




| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表層厚 | (m) | 11.3 | 14.1 | 13.5 | 13.8 | 19.7 | 17.5 | 16.2 | 9.6 | 7.4 | 6.2 | 7.4 | 9.6 | 9.6 | 6.8 | 11.0 | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 4.5 | 4.0 |
| 表層補正時間 | (S/100) | 1.00 | 1.25 | 1.20 | 1.40 | 1.75 | 1.55 | 1.46 | 0.85 | 0.65 | 0.55 | 0.65 | 0.85 | 0.85 | 0.60 | 0.95 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.40 | 0.35 |
| D.L 補正時間 | (S/100) | 0.66 | 0.56 | 0.55 | 0.67 | 0.37 | 0.26 | 0.19 | 0.39 | 0.46 | 1.03 | 0.36 | 0.20 | 0.16 | 0.28 | 0.32 | 0.30 | 0.24 | 0.24 | 0.12 | 0.16 | 0.15 | 0.11 | 0 | 0.24 |
| 全補正時間 | (S/100) | 1.63 | 1.88 | 1.92 | 1.98 | 2.09 | 1.88 | 1.71 | 1.31 | 1.08 | 1.05 | 1.08 | 1.12 | 1.08 | 0.95 | 0.96 | 0.67 | 0.61 | 0.61 | 0.84 | 0.48 | 0.67 | 0.03 | 0.67 | 0.66 |

第10図-4　4. スプレット

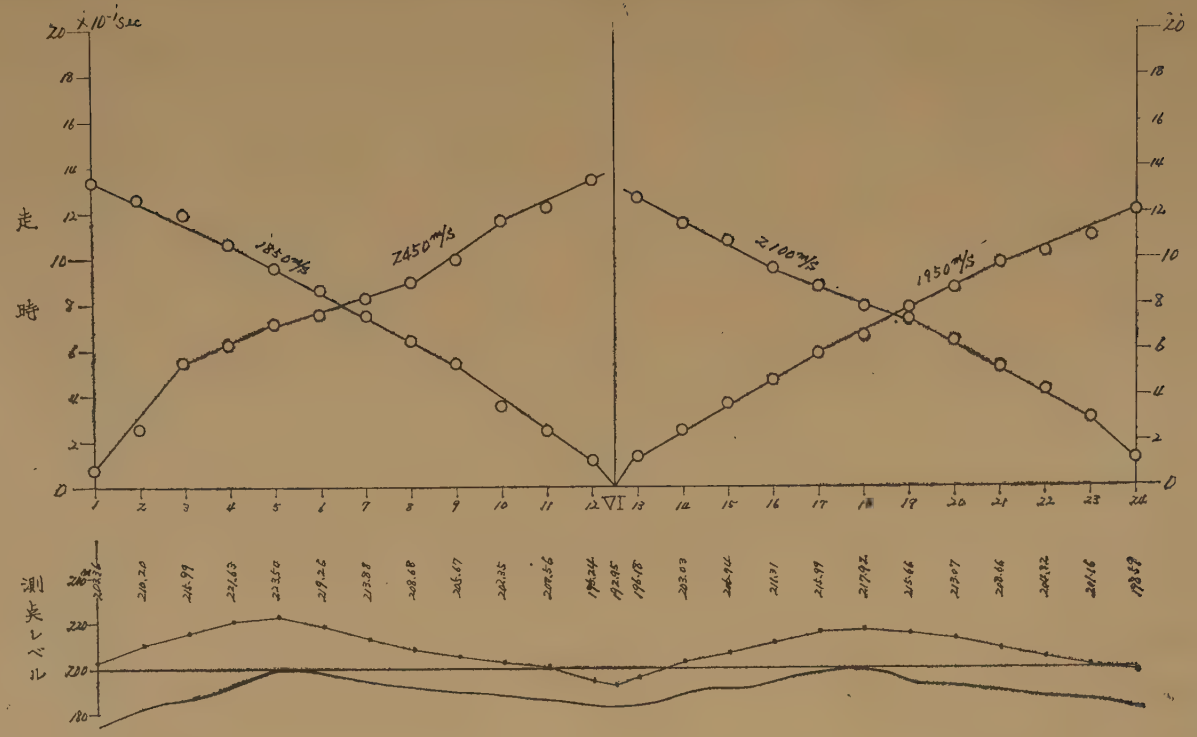
U.H.Tm (Sec/100) = 0.9
S.P.Level (m) = 180.32
$V_m$ (m/Sec) = 1130
$V_1$ 〃 = 2150
$V_2$ 〃 = 1930
D.L. Level (m) = 169.27
$d$ (m) = 12.57
$\tau$ (Sec/100) = 0.07




| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表層厚 | (m) | 6.8 | 10.4 | 9.8 | 17.5 | 17.6 | 17.5 | 20.8 | 18.8 | 16.9 | 12.3 | 11.0 | 18.0 | 12.3 | 9.8 | 8.5 | 9.1 | 9.1 | 8.2 | 7.6 | 8.6 | 8.6 | 6.8 | 3.9 | 9.1 |
| 表層補正時間 | (S/100) | 0.50 | 0.80 | 0.75 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.60 | 1.50 | 1.20 | 0.95 | 0.85 | 1.15 | 0.95 | 0.75 | 0.50 | 0.70 | 0.70 | 0.55 | 0.20 | 0.35 | 0.35 | 0.50 | 0.30 | 0.70 |
| D.L 補正時間 | (S/100) | 0.86 | 0.77 | 0.88 | 0.60 | 0.53 | 0.56 | 0.42 | 0.47 | 0.67 | 0.75 | 0.71 | 0.38 | 0.26 | 0.30 | 0.28 | 0.11 | -0.10 | -0.05 | 0.27 | 0 | 0.08 | 0.12 | 0.22 | 0.33 |
| 全補正時間 | (S/100) | 1.12 | 1.33 | 1.39 | 1.71 | 1.69 | 1.67 | 1.78 | 1.73 | 1.63 | 1.46 | 1.32 | 1.29 | 0.97 | 0.81 | 0.54 | 0.57 | 0.56 | 0.36 | 0.23 | 0.11 | 0.19 | 0.38 | 0.28 | 0.79 |

U.H.Tm (sec/100) = 1.0
S.P.Level (m) = 167.26
$V_m$ (m/sec) = 1380
$V_1$ 〃 = 2000
$V_2$ 〃 = 2180
D.L.Level (m) = 148.22
$d$ (m) = 14.15
$\tau$ (sec/100) = +0.24

第10図－5　5. スプレット




| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表層厚 (m) | 260 | 288 | 280 | 268 | 247 | 245 | 180 | 158 | 155 | 143 | 126 | 113 | 130 | 126 | 181 | 149 | 174 | 187 | 211 | 199 | 192 | 161 | 128 | 85 |
| 表層補正時間 (S/100) | 2.10 | 2.15 | 2.25 | 2.00 | 1.75 | 1.65 | 1.45 | 1.25 | 1.25 | 1.15 | 1.10 | 0.95 | 1.05 | 1.10 | 1.30 | 1.20 | 1.40 | 1.35 | 1.70 | 1.60 | 1.55 | 1.30 | 1.15 | 1.25 |
| D.L 補正時間 (S/100) | 0 | 0.29 | 0.49 | 0.91 | 1.14 | 1.00 | 0.86 | 0.74 | 0.60 | 0.50 | 0.45 | 0.28 | 0.28 | 0.58 | 0.64 | 0.92 | 1.02 | 1.15 | 0.83 | 0.76 | 0.58 | 0.52 | 0.46 | 0.28 |
| 全補正時間 (S/100) | 2.10 | 2.34 | 2.64 | 2.81 | 2.79 | 2.55 | 2.21 | 1.89 | 1.75 | 1.55 | 1.45 | 1.13 | 1.23 | 1.58 | 1.84 | 2.02 | 2.32 | 2.40 | 2.43 | 2.26 | 2.03 | 1.72 | 1.51 | 1.43 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 測定レベル | 240 | 230.26 | 230.20 | 228.94 | 228.63 | 223.50 | 219.26 | 213.88 | 208.68 | 205.47 | 202.35 | 200.56 | 196.24 | 192.85 | 194.18 | 203.03 | 206.94 | 211.31 | 214.89 | 217.92 | 215.46 | 213.07 | 208.46 | 200.32 | 201.16 | 193.59 |

U.H. $T_m$ (sec/100) = 1.2

S.P. Level (m) = 192.95

$V_m$ (m/sec) = 1200

$V_1$ 〃 = 2150

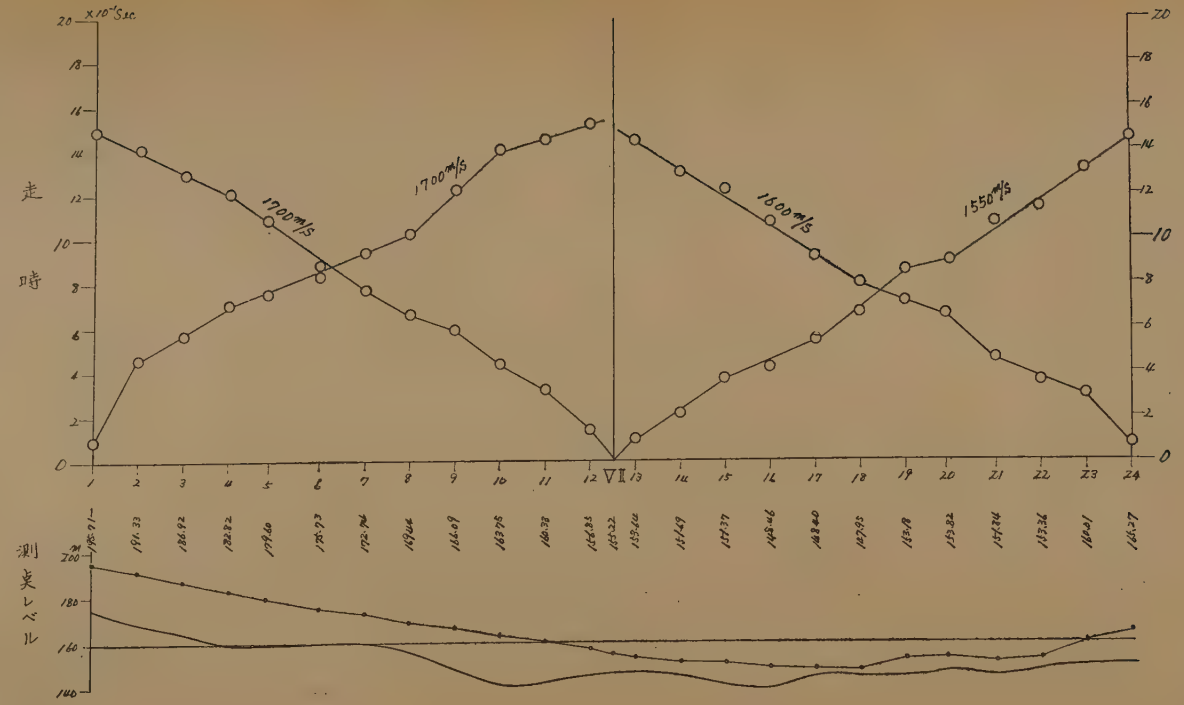
$V_2$ 〃 = 2080

D.L. Level (m) = 177.36

$d$ (m) = 13.42

$\tau$ (sec/100) = −0.10

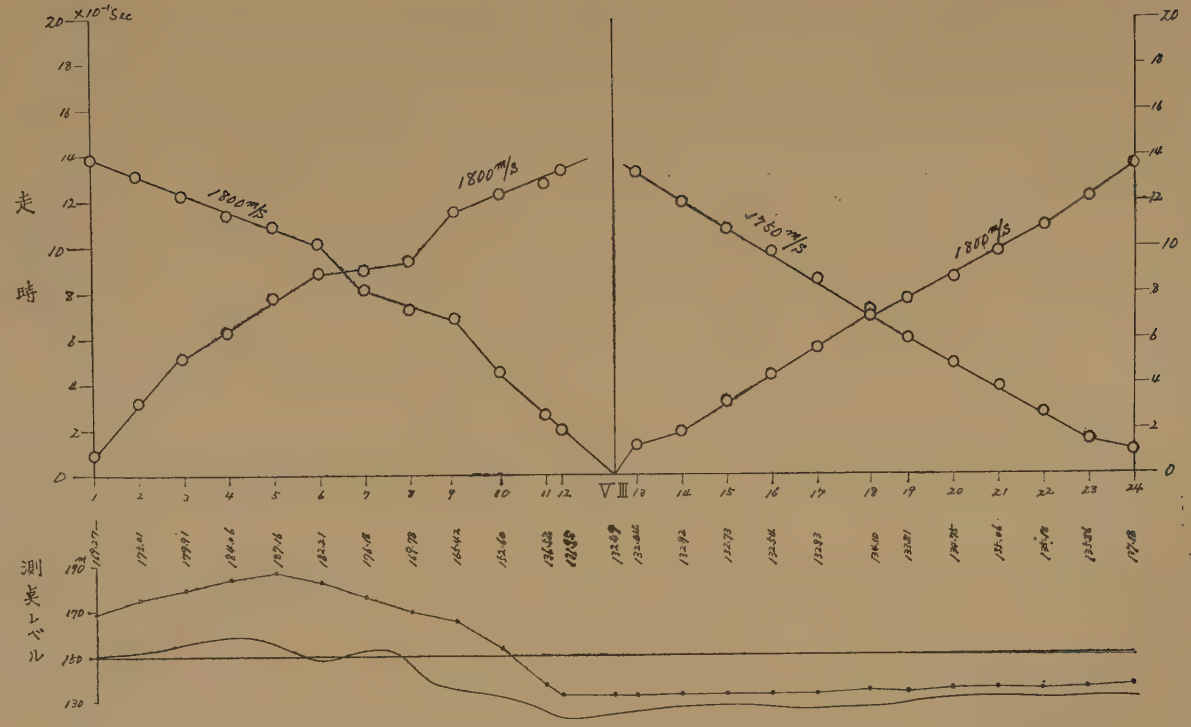
第10図－6　6. スプレット




| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表層厚 (m) | 19.2 | 22.5 | 22.0 | 20.2 | 20.9 | 14.9 | 13.8 | 12.1 | 19.3 | 20.5 | 17.1 | 11.0 | 7.2 | 6.0 | 9.4 | 9.4 | 2.2 | 2.8 | 3.8 | 7.7 | 6.7 | 4.4 | 11.5 | 14.3 |
| 表層補正時間 (S/100) | 1.75 | 2.05 | 2.00 | 2.20 | 1.90 | 1.35 | 1.25 | 1.10 | 1.76 | 1.86 | 1.55 | 1.00 | 0.65 | 0.55 | 0.85 | 0.85 | 0.20 | 0.25 | 0.35 | 0.70 | 0.55 | 0.40 | 0.95 | 1.30 |
| D.L補正時間 (S/100) | 2.26 | 1.81 | 1.68 | 1.21 | 1.21 | 1.84 | 1.23 | 1.13 | 0.61 | 0.31 | 0.30 | 0.46 | 0.89 | 0.61 | 0.23 | 0 | 0.63 | 0.42 | 0.37 | 0.47 | 0.45 | 0.64 | 0.67 | 0.76 |
| 全補正時間 (S/100) | 3.73 | 3.58 | 3.30 | 3.13 | 2.83 | 2.41 | 2.20 | 1.95 | 1.98 | 1.88 | 1.57 | 1.18 | 0.86 | 0.68 | 0.80 | 0.57 | 0.40 | 0.39 | 0.39 | 0.72 | 0.76 | 1.34 | 1.78 | |

UH.Tm (S/100) = 1.0
S.P. Level (m) = 155.22
$v_m$ (m/sec) = 1100
$v_1$ " = 1700
$v_2$ " = 1700
D.L. Level (m) = 138.11
$d$ (m) = 12.33
$\tau$ (S/100) = -0.28

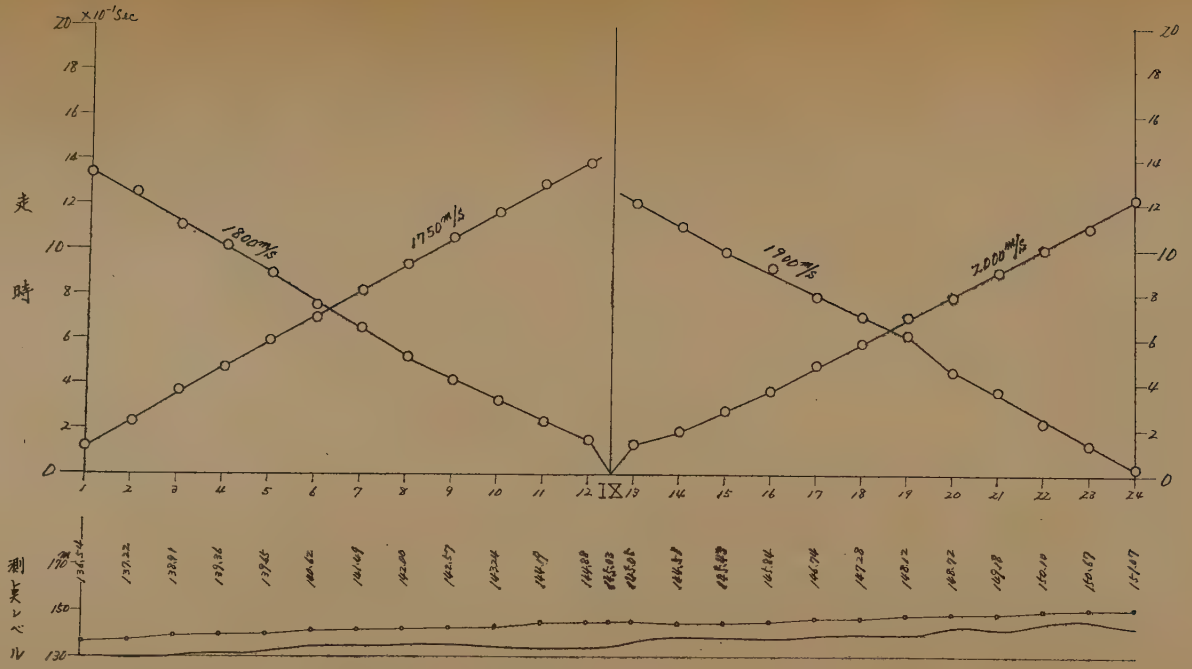
第10図－7　7. スプレット




| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表層厚 (m) | 19.8 | 23.2 | 24.4 | 28.6 | 31.8 | 34.2 | 22.8 | 19.5 | 34.5 | 20.9 | 11.6 | 11.1 | 6.7 | 6.5 | 6.1 | 7.3 | 7.3 | 8.5 | 4.3 | 3.7 | 3.7 | 3.7 | 4.3 | 4.7 |
| 表層補正時間 (S/100) | 1.60 | 1.90 | 2.00 | 2.10 | 2.60 | 2.80 | 1.85 | 1.60 | 2.50 | 1.65 | 0.95 | 0.95 | 0.55 | 0.45 | 0.50 | 0.60 | 0.60 | 0.70 | 0.35 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.35 | 0.35 |
| D.L 補正時間 (S/100) | 1.44 | 1.78 | 1.78 | 2.12 | 1.98 | 1.84 | 1.85 | 1.66 | 0.87 | 0.68 | 0.25 | 0 | 0.30 | 0.40 | 0.35 | 0.27 | 0.30 | 0.30 | 0.57 | 0.60 | 0.62 | 0.63 | 0.63 | 0.57 |
| 全補正時間 (S/100) | 3.36 | 3.77 | 4.07 | 4.34 | 4.67 | 4.86 | 3.32 | 3.38 | 3.43 | 2.45 | 1.32 | 1.07 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.99 | 1.02 | 1.12 | 0.98 | 1.02 | 1.04 | 1.06 | 1.10 | 1.14 |

第10図－8　8. スプレット

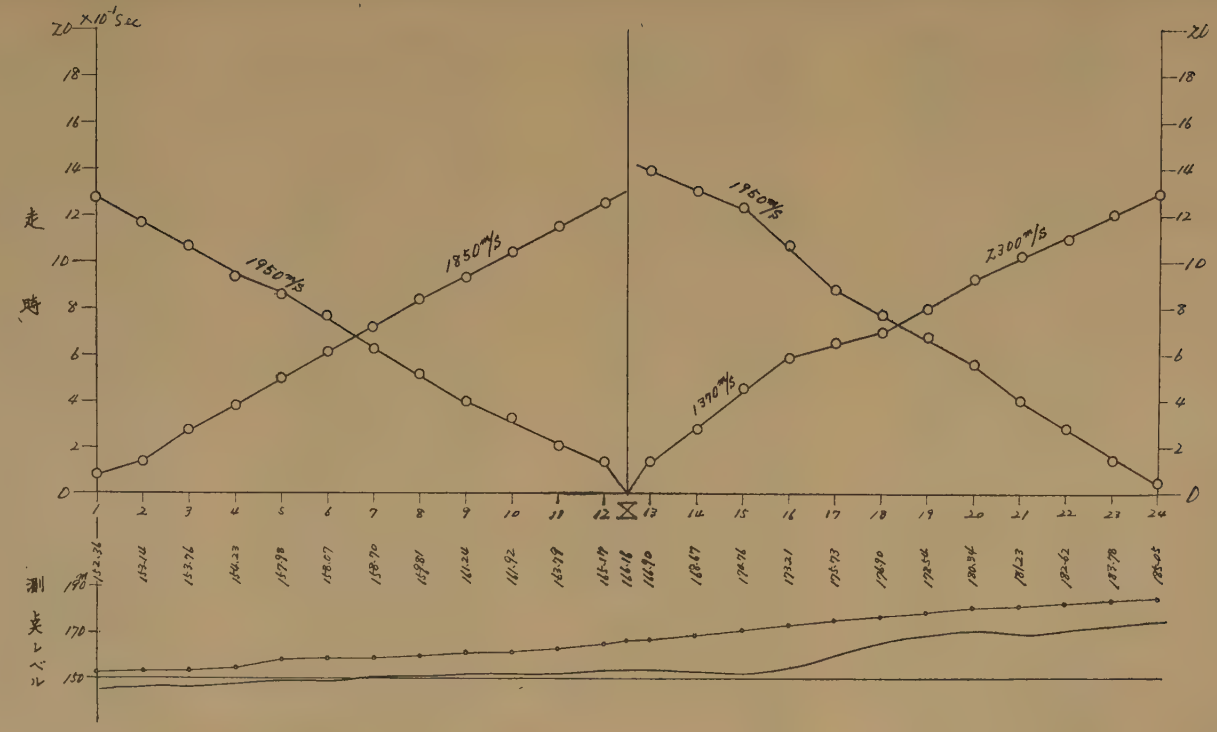
U.H.Tm (Sec/100) = 1.0
S.P.Level (m) = 132.49
$V_m$ (m/Sec) = 1220
$V_1$ 〃 = 1800
$V_2$ 〃 = 1780
D.L.Level (m) = 120.35
$d$ (m) = 14.26
$\tau$ (Sec/100) = 0.12




| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表層厚 (m) | 7.1 | 7.6 | 7.6 | 8.1 | 8.1 | 6.1 | 7.1 | 6.6 | 7.1 | 8.6 | 10.2 | 10.7 | 8.1 | 7.1 | 6.1 | 7.1 | 6.1 | 6.6 | 8.6 | 5.1 | 6.1 | 4.1 | 4.1 | 6.6 |
| 表層補正時間 (S/100) | 0.70 | 0.75 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | 0.60 | 0.70 | 0.65 | 0.70 | 0.85 | 1.00 | 1.05 | 0.80 | 0.70 | 0.60 | 0.70 | 0.60 | 0.65 | 0.85 | 0.50 | 0.60 | 0.40 | 0.40 | 0.65 |
| D.L 補正時間 (S/100) | 0 | 0.01 | 0.11 | 0.10 | 0.12 | 0.29 | 0.28 | 0.33 | 0.34 | 0.29 | 0.26 | 0.27 | 0.39 | 0.41 | 0.51 | 0.48 | 0.57 | 0.57 | 0.52 | 0.73 | 0.70 | 0.85 | 0.88 | 0.77 |
| 全補正時間 (S/100) | 0.69 | 0.65 | 0.74 | 0.79 | 0.81 | 0.98 | 0.89 | 0.87 | 0.93 | 1.03 | 1.15 | 1.21 | 1.08 | 1.00 | 1.00 | 1.07 | 1.06 | 1.11 | 1.26 | 1.12 | 1.19 | 1.14 | 1.17 | 1.31 |

UH.Tm (Sec/100) = 1.12
S.P.Level (m) = 145.03
$V_m$ (m/Sec) = 1020
$V_1$ " = 1780
$V_2$ " = 1950
D.L. Level (m) = 129.44
d (m) = 13.60
$\tau$ (Sec/100) = −0.11

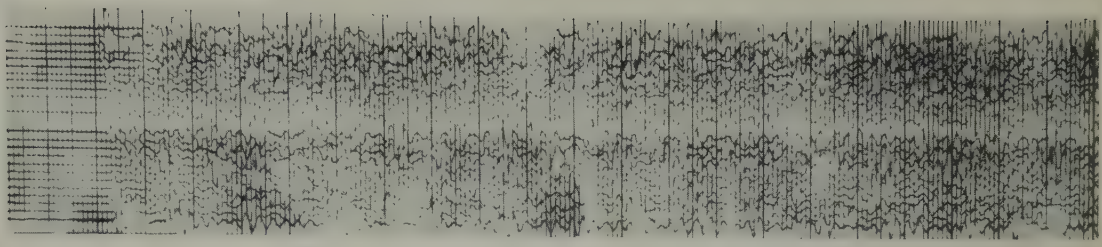
第10図－9　9. スプレット



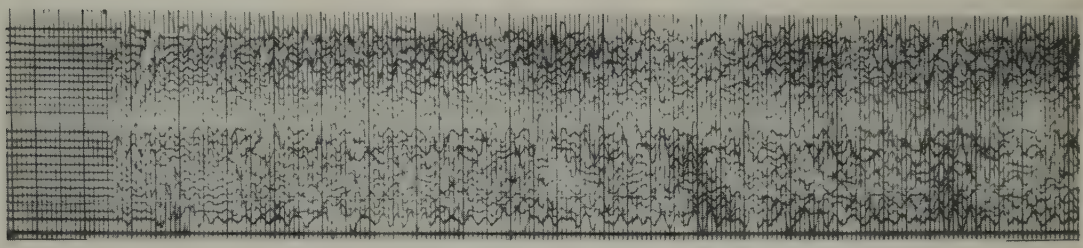

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表層厚 (m) | 7.9 | 5.8 | 7.9 | 6.4 | 8.4 | 9.4 | 7.9 | 8.4 | 8.7 | 9.9 | 10.4 | 10.4 | 13.4 | 16.4 | 19.8 | 18.4 | 13.4 | 9.9 | 9.9 | 10.4 | 11.4 | 9.4 | 9.9 | 8.9 |
| 表層補正時間 (s/100) | 0.80 | 0.60 | 0.80 | 0.65 | 0.85 | 0.95 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 1.00 | 1.05 | 1.05 | 1.35 | 1.65 | 2.00 | 1.85 | 1.25 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 1.15 | 0.95 | 1.00 | 0.90 |
| D.L.補正時間 (s/100) | 0 | 0.05 | 0.07 | 0.17 | 0.27 | 0.22 | 0.33 | 0.37 | 0.41 | 0.40 | 0.47 | 0.54 | 0.42 | 0.37 | 0.31 | 0.49 | 0.85 | 1.06 | 1.14 | 1.20 | 1.20 | 1.36 | 1.39 | 1.50 |
| 合補正時間 (s/100) | 0.40 | 0.35 | 0.47 | 0.82 | 0.72 | 0.77 | 0.73 | 0.82 | 0.91 | 1.00 | 1.52 | 1.19 | 1.37 | 1.62 | 1.91 | 1.94 | 1.90 | 1.66 | 1.74 | 1.85 | 1.85 | 1.91 | 1.98 | 2.00 |

UH.Tm (sec/100) = 1.2
S.P. Level (m) = 166.16
$V_m$ (m/sec) = 990
$V_1$ " = 1900
$V_2$ " = 2120
D.L. Level (m) = 144.46
$d$ (m) = 13.65
$\tau$ (sec/100) = −0.40

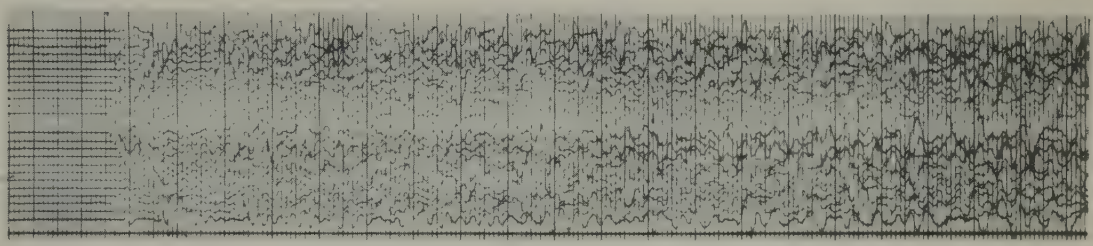
第10図－10　10. スプレット



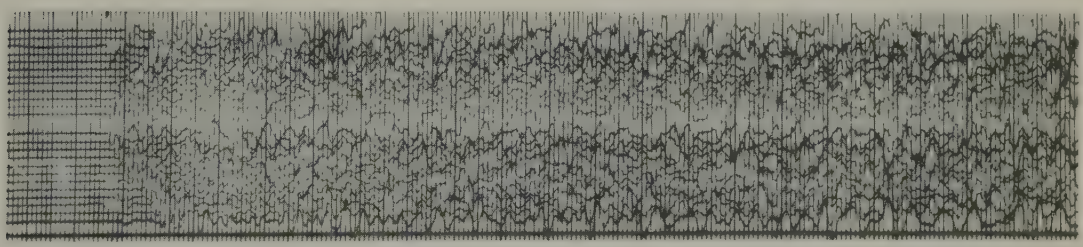
図版 1　No. 1 Spread (Filter out-42) Datum line 220.30 m



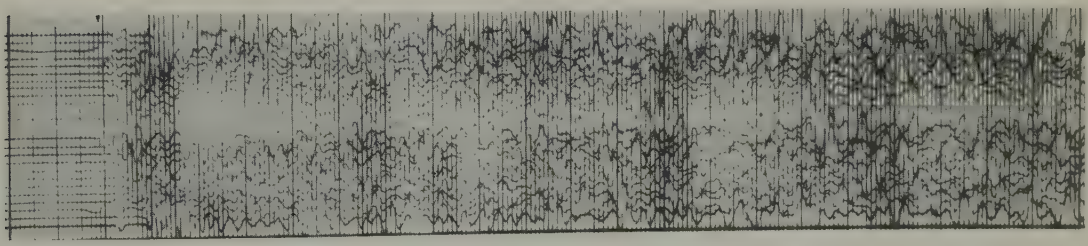
図版 2　No. 2 Spread (Filter out-42) Datum line 220.34 m



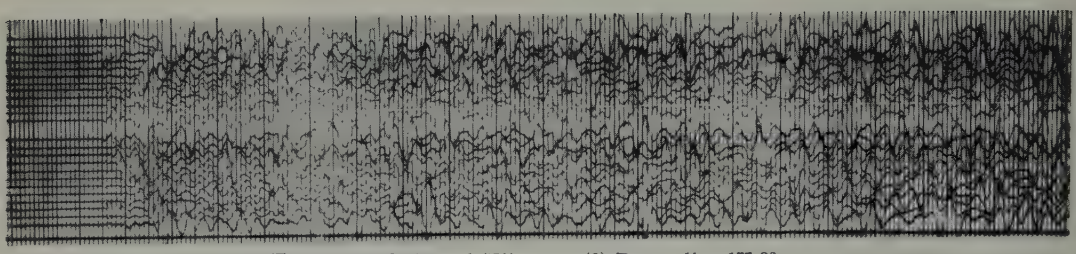
図版 3　No. 3 Spread (Filter out-42) Datum line 179.19 m



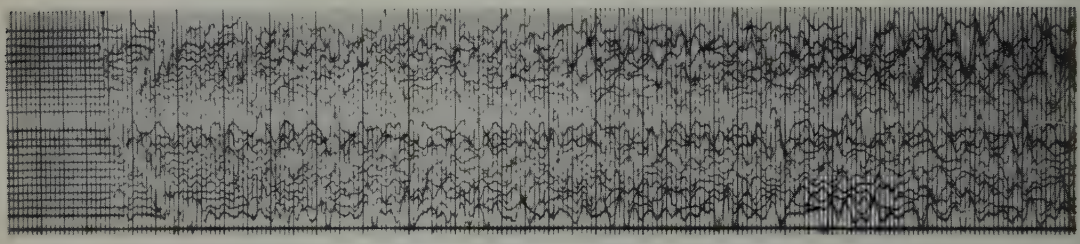
図版 4　No. 4 Spread (Filter out-42) Datum line 169.27 m



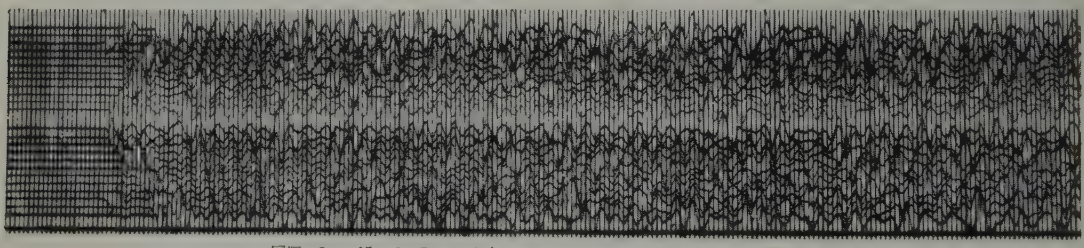
図版 5　No. 5 Spread (Filter out-42) Datum line 148.22 m



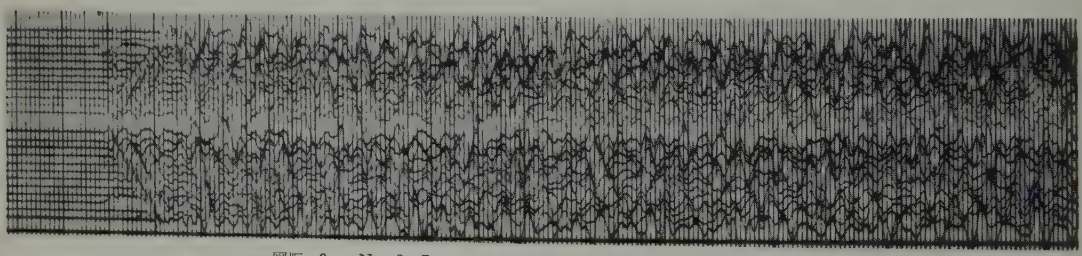
図版 6　No. 6 Spread (Filter out-42) Datum line 177.36 m



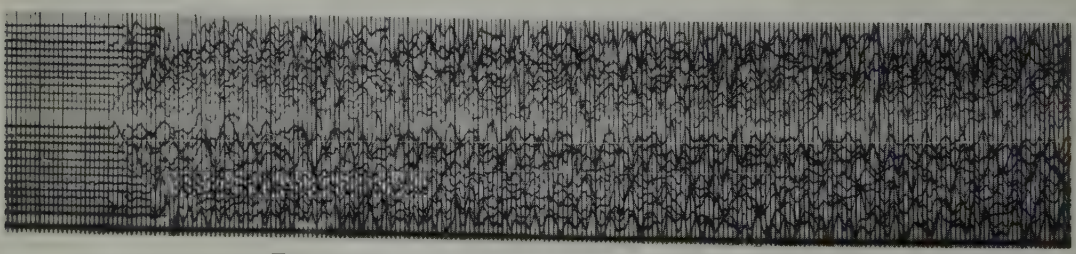
図版 7　No. 7 Spread (Filter out-42) Datum line 138.11 m



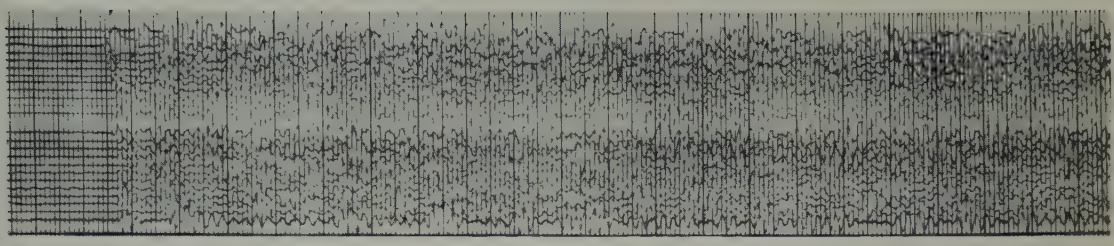
図版 8　No. 8 Spread (Filter out-42) Datum line 120.35 m



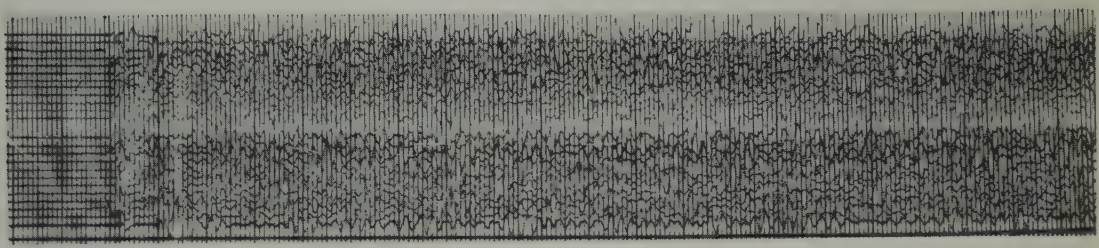
図版 9　No. 9 Spread (Filter out-42) Datum line 129.44 m



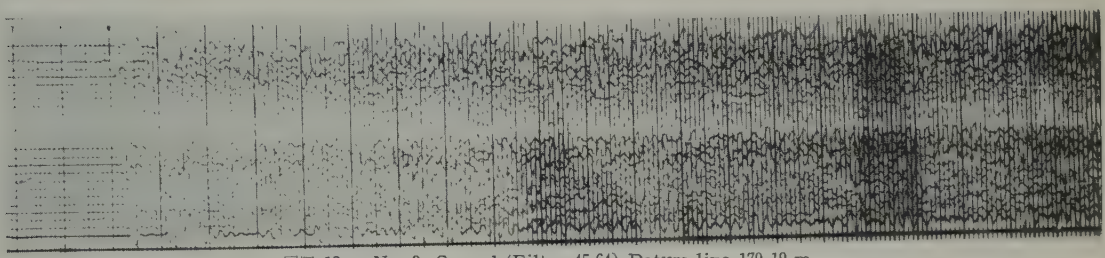
図版 10　No.10 Spread (Filter out-42) Datum line 144.46 m



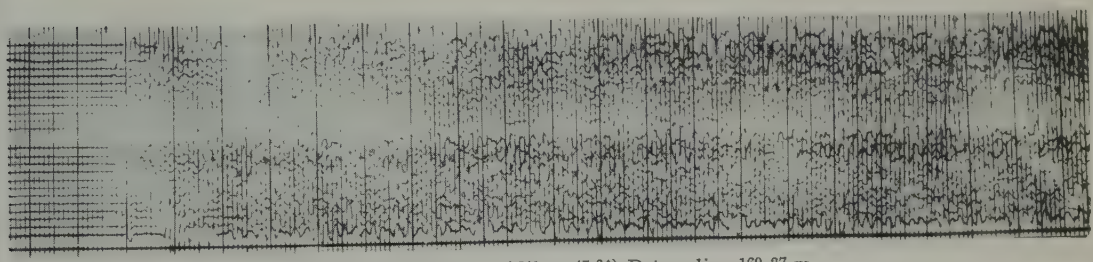
図版 11　No. 1 Spread (Filter 45-64) Datum line 220.30 m



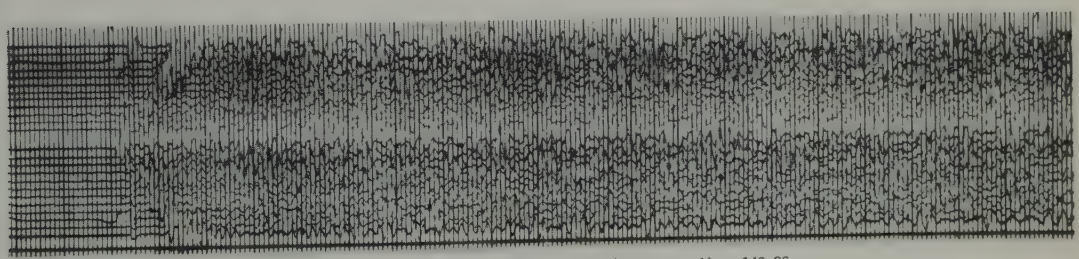
図版 12　No. 2 Spread (Filter 45-64) Datum line 200.34 m



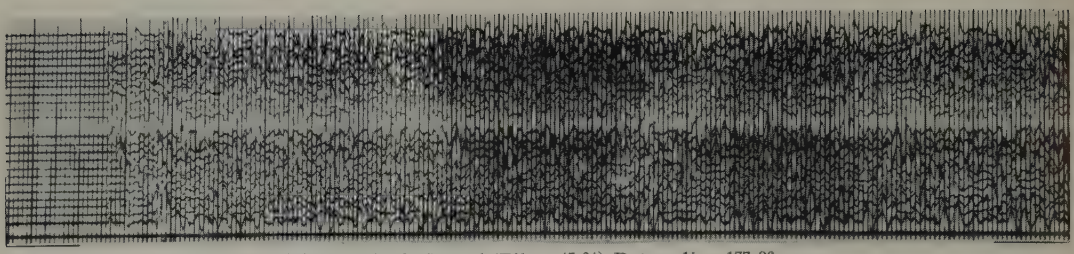
図版 13　No. 3 Spread (Filter 45-64) Datum line 179.19 m



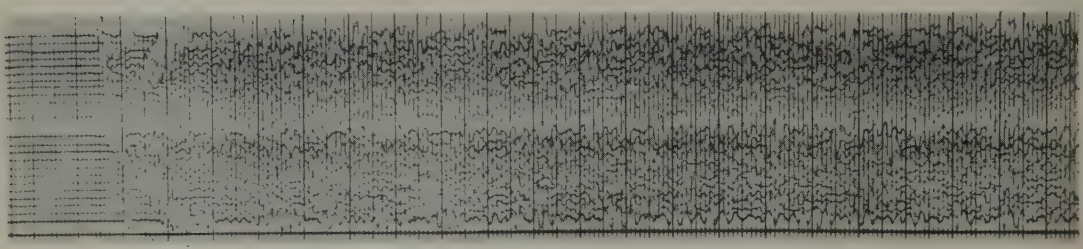
図版 14　No. 4 Spread (Filter 45-64) Datum line 169.27 m



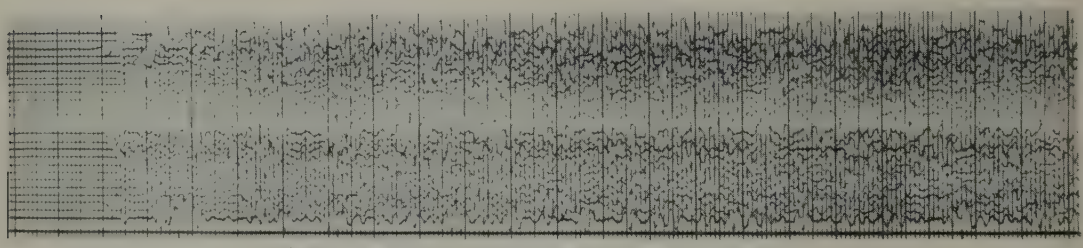
図版 15　No. 5 Spread (Filter 45-64) Datum line 148.22 m



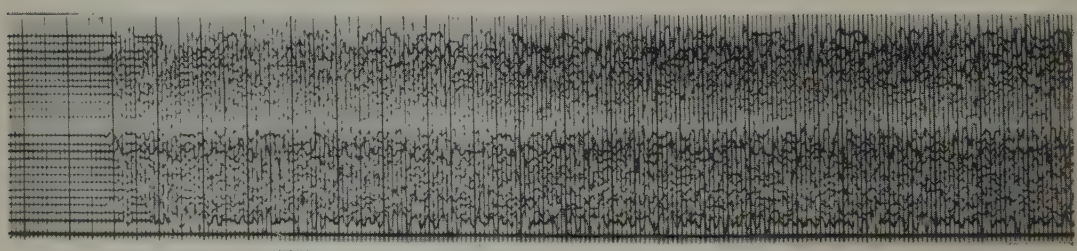
図版 16　No. 6 Spread (Filter 45-64) Datum line 177.36 m



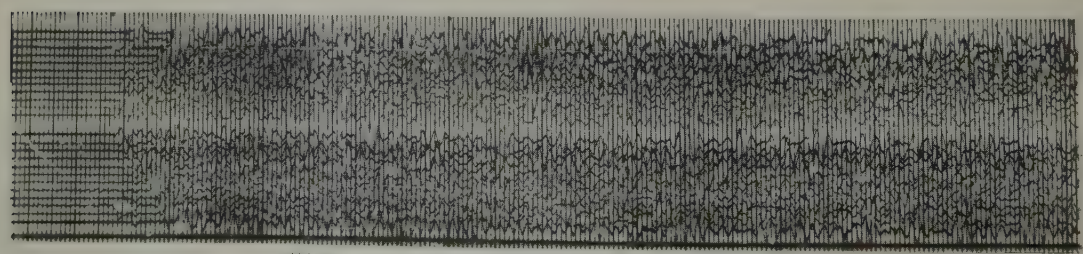
図版 17　No. 7 Spread (Filter 45-64) Datum line 133.11 m



図版 18　No. 8 Spread (Filter 45-64) Datum line 120.35 m



図版 19　No. 9 Spread (Filter 45-64) Datum line 129.44 m



図版 20　No.10 Spread (Filter 45-64) Datum line 144.46 m

# 資　　料

543.42.062：549.6

## 珪酸塩岩石および天然珪酸塩の分光分析*

### 主成分元素の定量

M. K. Govindaraju

一　国　雅　巳　訳

**要　約**

珪酸塩岩石および天然珪酸塩中の主成分元素定量のための分光法を記述した。試料はホウ酸，炭酸リチウムと融解し，えられた融成物を粉砕し，内部標準としての酸化ニッケル，バッファーとしてのグラファイトと混合する。混合物をペレットとし，このペレットについて普通の分光法またはARLカントメーターを用いる直接記録法によつて分析を実施する。結果は米国地質調査所標準岩石試料のG-1とW-1を用いてチェックした。直接記録法は良好な結果を与え，アルカリ金属を除いたケイ酸塩の全分析を可能とする。

岩石および類縁物質の化学分析に対して一般的に用いられる方法は3種類に分けられる。

a）重量法（48，14）

b）迅速比色法，光電法と滴定法（40，41，26）

c）分光化学法

いずれの方法もある元素に対しては特別な利点をもつている。当面する問題の性質に応じて独自の分析系統図を分析者たちは確立するので，多数の方法を平行して適用している例は少なくない。したがつてCaとMgに対しては重量法，Tiと Mnに対しては比色法，Feに対しては滴定法，NaとKに対しては光電法（炎光分析）が普通好まれている。しかしこれらの方法の精度は，一部は問題の元素の濃度に依存するものであつて，酸化物として5％を超えるとき最良の結果がえられる。ことに重量法に関しては，この含量以下では精度は減少する。酸化物含量が1％以下では分光化学法がよい精度を示す（9，11）。

3つの方法は岩石学地球化学研究センターの実験室において多数の元素に平行して適用された。6種の岩石がそれぞれ20回ずつ重量法によつて分析された。これは平均値を確立し，分析のバラツキを明確にするためである。これらの試料は分光化学分析に標準として用いられた（第1表）。

これら6個の標準試料のうち，花崗岩1種（ジェラルドメエル）と玄武岩1種（エセイ・ラ・コオト）はこの実験室で常に行なつている迅速比色-滴定分析の各系列中で定期的に分析されるために選ばれた。第2表は重量法および迅速法でえられた分析値のバラツキと平均値の比較を示す。この結果の議論はこの研究の枠外にある注1）。しかし第3表には化学者によつてもつとも正確と考えられた値を掲げておく。

---

*M. K. Govindaraju (1960)：Contribution a l'analyse Spectrochimique des Roches Silicatées et des Silicates Naturels –Dosage des éléments majeurs–, Groupement pour l'Avancement des Méthodes Spectrographiques, p. 221～245

注1）岩石学地球化学研究センターで用いられる化学分析法とその結果の批判的研究はBEHRおよびMALAPRADE両氏の別の報文の対象となるであろう。この報告中で用いた化学的データは両氏に負うものである。

他方米国地質調査所の好意的提供にかかる G-1 と W-1 (11) は，この報告のなかで述べた種々の分光化学的方法の確立の過程でチエックのために用いられた (第8表)。

ここ10年間に多数の分光化学的方法がケイ酸塩岩石，鉱物または類縁の生成物の常在元素の大部分の分析のために記述された。分光化学的方法の迅速性，精度，低い原価は当然地質学者，化学者または物理学者の注意をひいた。この分野における報文の多いこともこの関心の端的な現われにすぎない。

Ahrens (1, 2) とその一派の連続アークを用いた研究は周知のものであり，斯界の権威である。その方法は Kvalheim (25) の方法に由来するもので，試料を $SrCO_3$ または $BeCO_3$ と混合し，さらに炭素粉末で希釈するというものである。Hawley と MacDonald (19) は後になつて Stallwood (42) のエアジエットを使用してこの方法を完全なものとした。分光法と化学分析法の精度の比較は花崗岩 G-1 と輝緑岩 W-1 の主成分定量について行なわれた。これらの試料は岩石の化学分析の精度に関する Fairbairn (9, 11) の非常に重要な研究の基礎試料として用いられた。Fairbairn らによれば，同じ方法をより塩基性または水和した岩石に適用しても好結果はえられないという。

Leninger と Taylor (23) はケイ酸塩岩石中の Si, Al, Ca, Mg, Mn および13の微量元素の分析のために，$SrCO_3$ を用いた Kvalheim 法の他の改良を報告している。$Al_2O_3$ と $SiO_2$ は Al/Si の強度比から“相互標準”(8) の計算法によつて決定される。

ドイツでは，Hagemann (20) と共同研究者が同じ領域について多くの研究を行なつた。試料を BaO とグラファイトで希釈したのち，ゆつくり回転する傾斜ディスク上において断続アークで励起した (Pfeilsticker 型)。一般元素については2-3%にも及ぶ分析精度が強調されている。

試みられた他の方法では，NiO, CuO, $GeO_2$ (30, 21, 22) のような金属酸化物，または Ge, Ag (44, 47) のような金属それ自身を分析物質の希釈緩衝剤として用いている。

セメント中の一般元素の定量に Hasler, Harvey ら (17) は一方向アークと平面電極法を用いた。

ケイ酸塩物質中の Al, Ti, Ca, Mg および Mn の分光化学定量の基礎はマンチエスター大学の B. J. Rushton と G. D. Nicholls の著作 (37) に述べられている。

溶液に応用された方法は W. Muld (29) によつて記述された。この方法はすべての元素に対し，2～3%の誤差で定量することを可能にする。J. Connor と N .F. Shimp (7) は類似の方法を土壌分析に応用した。

W. J. Price (33) はスラッグや鉱石のために特別に研究された融解法を発展させた。分析試料と内部標準はほう砂で融解する。冷却後えられたガラス状物を粉砕し，グラファイトと混合してペレットに圧縮する。アークスペクトルを制御された連続アークによつてとる。この方法は多くの利点をもつが，合成標準を使用できる点ですぐれている。平均平方誤差が6.5%を超えることはない。この誤差は各試料について多くの測定を行なうことによつて小さくすることができる。

$Li_2CO_3$ とホウ酸を用いる融解法は Hasler (18) によつて述べられた。製鉄スラッグ用に開発されたこの方法はセメント，亜鉛融解スラッグや他の類似物の分析に拡張された (12, 24)。

これに近い方法で J. R. Goldsmith とその共同研究者は炭酸塩岩石の分析を行なつた (13)。コバルトが内部標準にえらばれた。含まれる元素の定量精度は5%以上である。同じ方法が W. H. Tingle と C. K. Matocha (45) によつて ARL カントメーターによるボーキサイトや他の耐火物の分析に採用された。

スラッグと耐火物の分析に関するソ連の研究の総説 (6) は多くの興味ある方法を紹介し

第1表　化学分析値（重量法）各20回ずつ分析した6種のケイ酸塩岩石についてのバラツキ

| | アンドロオ産 花崗岩 | | | バニエル産 蛇紋岩 | | | フォントネ・ルシャトウ産 花崗岩 | | | エセイ・ラ・コオト産 玄武岩 | | | ラオン・レダープ産 花崗岩 | | | ジェラルドメエル産 花崗岩 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | σ | ETR | X | σ | ETR | X | σ | ETR | X | σ | ETR | X | σ | ETR | X | σ | ETR |
| $SiO_2$ | 67,34 | 0,25 | 0,38 | 59,99 | 0,15 | 0,37 | 64,5 | 0,16 | 0,25 | 42,82 | 0,25 | 0,58 | 69,93 | 0,18 | 0,26 | 66,98 | 0,27 | 0,40 |
| $Al_2O_3$ | 14,91 | 0,59 | 4,0 | 3,42 | 0,29 | 8,6 | 15,05 | 0,41 | 2,7 | 12,84 | 0,35 | 2,90 | 12,93 | 0,36 | 2,8 | 15,33 | 0,246 | 1,6 |
| $Fe_2O_3$ | 2,82 | 0,27 | 9,6 | 6,78 | 0,26 | 3,8 | 2,68 | 0,26 | 9,7 | 5,93 | 0,45 | 8,4 | 3,99 | 0,44 | 11,0 | 2,98 | 0,076 | 2,6 |
| FeO | 2,16 | 0,05 | 2,3 | 2,00 | 0,06 | 3,0 | 1,83 | 0,04 | 2,3 | 5,87 | 0,05 | 0,8 | 2,03 | 0,05 | 2,7 | 1,22 | 0,031 | 2,5 |
| MnO | 0,10 | 0,008 | 8,3 | 0,10 | 0,03 | 32,5 | 0,016 | 0,006 | 37,5 | 0,13 | 0,007 | 5,3 | 0,10 | 0,012 | 11,7 | 0,04 | 0,007 | 17,2 |
| MgO | 1,55 | 0,24 | 16,0 | 34,72 | 0,47 | 1,4 | 2,37 | 0,17 | 7,0 | 10,7 | 0,09 | 0,9 | 0,58 | 0,12 | 21,2 | 0,35 | 0,108 | 31,0 |
| CaO | 2,71 | 0,21 | 7,8 | 1,47 | 0,117 | 8,0 | 2,14 | 0,18 | 8,4 | 11,66 | 0,13 | 1,1 | 0,86 | 0,13 | 15,4 | 1,98 | 0,048 | 2,4 |
| $Na_2O$ | 3,04 | 0,10 | 3,4 | 0,22 | 0,039 | 17,7 | 1,97 | 0,17 | 8,8 | 1,93 | 0,07 | 3,6 | 2,95 | 0,17 | 5,9 | 2,85 | 0,145 | 5,1 |
| $K_2O$ | 3,86 | 0,12 | 3,2 | 0,21 | 0,029 | 14,0 | 5,50 | 0,38 | 6,9 | 1,81 | 0,03 | 1,7 | 3,75 | 0,07 | 2,0 | 4,00 | 0,069 | 1,7 |
| $TiO_2$ | 0,44 | 0,02 | 5,0 | 0,22 | 0,025 | 11,5 | 0,55 | 0,05 | 9,8 | 2,17 | 0,05 | 2,2 | 0,33 | 0,03 | 10,0 | 0,31 | 0,021 | 6,7 |
| $P_2O_5$ | 0,21 | 0,037 | 17,4 | traces | — | — | 0,48 | 0,03 | 1,3 | 0,91 | 0,009 | 1,0 | 0,10 | 0,01 | 11,9 | 0,35 | 0,041 | 11,7 |

X：平均値　σ：標準偏差　ETR：相対標準偏差

ている。たとえば Slavin のスペクトルエネルギー法，融解スラッグ法，ブリケット化法などである。最後の方法がもつとも広く用いられている。しかし“第三者的構成成分”の影響でほう砂のような融剤を使用するようになつた。スラッグ試料は1：4の比で無水ほう砂と混合される。混合物は銅皿の上にのせて4分間800～850°C のマッフル炉で融解する。試料をのせた銅皿は電極として用いられる。励起の間，小さい電動モーターによつて連続的に回転させる。固定電極は炭素である。平均相対誤差は次のとおりである：Si 5.2%，Ca 5.6%，Al 6.7%，Mg 6.2%，Mn 4%，Fe 4%。

第2表　化学分析値（重量法と迅速法）2種のケイ酸塩岩石（花崗岩と玄武岩）について上記2法でえられた平均値とバラツキ

| | ジェラルドメエル産 花崗岩 | | | | | | エセイ・ラ・コオト産 玄武岩 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 重量法 (20回分析) | | | 迅速法 (18回分析) | | | 重量法 (20回分析) | | | 迅速法 (18回分析) | | |
| | X | σ | ETR | $\bar{X}$ | σ | ETR | $\bar{X}$ | σ | ETR | $\bar{X}$ | σ | ETR |
| $SiO_2$ | 66,98 | 0,27 | 0,4 | 67,51 | 0,86 | 1,3 | 42,82 | 0,25 | 0,6 | 44,05 | 0,58 | 1,3 |
| $Al_2O_3$ | 15,33 | 0,25 | 1,6 | 14,23 | 0,69 | 5,0 | 12,24 | 0,35 | 2,9 | 11,71 | 1,30 | 11,1 |
| $Fe_2O_3$ | 2,98 | 0,08 | 2,6 | 3,14 | 0,17 | 5,3 | 5,93 | 0,45 | 8,4 | 5,91 | 0,22 | 3,7 |
| FeO | 1,22 | 0,03 | 2,5 | 1,17 | 0,15 | 13,0 | 5,87 | 0,05 | 0,8 | 5,49 | 0,24 | 4,3 |
| MnO | 0,04 | 0,007 | 17,2 | 0,05 | 0,01 | 20,0 | 0,13 | 0,007 | 5,3 | 0,18 | 0,02 | 11,9 |
| MgO | 0,35 | 0,108 | 31,0 | 1,37 | 0,27 | 19,5 | 10,7 | 0,09 | 0,9 | 10,18 | 0,20 | 2,0 |
| CaO | 1,98 | 0,048 | 2,4 | 2,16 | 0,12 | 5,8 | 11,66 | 0,13 | 1,1 | 11,71 | 0,20 | 1,7 |
| $Na_2O$ | 2,85 | 0,145 | 5,1 | 3,59 | 0,20 | 5,5 | 1,93 | 0,07 | 3,6 | 3,17 | 0,22 | 6,8 |
| $K_2O$ | 4,00 | 0,069 | 1,7 | 4,68 | 0,17 | 3,7 | 1,81 | 0,03 | 1,7 | 2,36 | 0,13 | 5,4 |
| $TiO_2$ | 0,31 | 0,021 | 6,7 | 0,25 | 0,05 | 18,3 | 2,17 | 0,05 | 2,2 | 2,11 | 0,09 | 4,1 |
| $P_2O_5$ | 0,35 | 0,041 | 11,67 | 0,31 | 0,044 | 14,3 | 0,91 | 0,009 | 1,0 | 0,90 | 0,009 | 9,6 |

$\bar{X}$：平均値　σ：標準偏差　ETR：相対標準偏差

岩石学地球化学研究センターの開設以来，分光学研究室の活動はケイ酸塩岩石中の主成分定量に向けられてきた。多年にわたつて JOBIN–YVON のプリズム分光写真器 (36) を用いて研究を行なつたが，数カ月来このセンターに直接記録式回折格子分光計が設置されている。この両方の装置についてえられた結果は“分光写真法”および“直読分光計”という表題で2部にわけて述べることにする。

## 1. 分光写真法

著者らの研究の現時点を述べる前に，これまでの研究経過を手短かに紹介しておくのが有益であろう。種々の操作条件が次々と適用された。

操作条件　No. 1 (36)

a）試料の調製

岩石粉末　−200 メッシュ　　200 mg

第3表　重量法（20回分析）と迅速法（18回分析）によつて2種の岩石について化学者がえた値

| | ジエラルドメエル産 花崗岩 | エセイ・ラ・コオト産 玄武岩 |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 67,5 | 43,5 |
| $Al_2O_3$ | 14,0 | 11,5 |
| $Fe_2O_3$ | 4,35 | 12,0 |
| MgO | 1,1 | 10,7 |
| CaO | 2,0 | 11,6 |
| $Na_2O$ | 3,3 | 2,8 |
| $K_2O$ | 4,4 | 2,4 |
| $TiO_2$ | 0,25 | 2,2 |
| $P_2O_5$ | 0,25 | 0,90 |
| $H_2O$ | 2,5 | 3,0 |
| | 99,65 | 100,6 |

内部標準　NiO　600 mg
グラファイト粉末　2000 mg

混合および炭素電極の孔への充填は手で行なう。

b）**装置と励起法**

分光写真器 Jobin-Yvon NZ
フランス GAMS 製万能発光装置
炭素電極および対電極
陰極励起－Si に対しては連続アーク
陽極励起－Al, Fe, Ca, Mg, Mn, Ti に対しては断続アーク

目的とする定量範囲にわたる化学組成既知の試料4種と分析試料3種を同じ乾板上に撮影した。各元素について，対数紙の縦軸に分析元素と内部標準であるニッケルの近接線の強度比，横軸に含量をとつて検量線を作成した。

組成既知の標準は調製に長時間を要するので，分析試料を系統的にこれらの標準でとりかこむ必要性はこの方法を著しく面倒なものにした。そこで一度検量線をひいておけばそれで事足りる新しい条件の研究にとりかかつた。

操作条件　No. 2

a）**試料の調製**　同上

b）**装置と励起法**　同じ装置
陽極励起－連続アーク　7 A
6段回転セクターの使用

6段セクターによつて各スペクトル線について漸次強度の減少する多くの部分がえられる。この場合光電測定値は写真エマルジョンの固有ファクターを考慮することなしに直接解析することができる（5，27）（セルフーカリブレーション法）。解析は Seidel の変形を利用した I. A. Black（4）の改良法に従つて行なわれる。しかし計算表がないとこの方法の使用はいくらか困難である。そこである場合にはスペクトル線の2組の**ノモグラフ法**によつておきかえられた（39，3，31）。非常に簡単であつてもこの方法は満足な結果を与える。

永続性のある検量線は化学的に分析された7個の標準のそれぞれを4枚の異なる乾板にとつた4本のスペクトログラムからつくられた。4つの測定値を平均して画かれた検量線は偶発的なズレをチエックするために定期的に検討される。Seidel 関数の使用は検量線の直線性を著しく改善する。

乾板移動法によつて下記線対（38）をえらび，読取式ミクロフォトメーターで測定した。

Si 2987 (4.93 eV)／Ni 2821 (4.42 eV)
Al 2660 (4.66 eV)／Ni 2821 (4.42 eV)
Fe 2929 (8.43 eV)／Ni 2863 (7.27 eV)
Ca 3179 (7.05 eV)／Ni 2863 (7.27 eV)
Mg 2776 (7.05 eV)／Ni 2863 (7.27 eV)
Ti 3088 (4.07 eV)／Ni 2821 (4.42 eV)

はんれい岩20種と長石60種（35）がこの方法で分析された。全部の乾板について，はんれい岩のある試料（F82）のスペクトログラムが，分光化学法に固有のバラツキと化学分析でえられた値とこの平均値の差を調べるために系統的に再現してある（第4表）。

c）**応用の可能性についての注意**

これまで述べてきた方法は比較的正確であるが，岩石学の実験室で普通にみられるすべての場合に充分満足とはいえない。

この方法自身にはある限界がつきものである。一番の難点は，分析すべき岩石の種別ごとに注意深く分析した天然標準が必要なことである。非常に異なつた幅をもつ標準をつくることは湿式化学分析室にとつては負担の多い仕事である。他方天然標準の使用は分光分析の結果に化学分析に原因する系統的誤差を導入することになる。とくに含量が小さいとき，この危険性は分析にいくら注意を払つても顕著になる。

第 4 表　粉末についての分光法
平均値—標準偏差—化学分析値との比較
（重量法と迅速法）

| はんれい岩 F82 | 分光法（8回分析） | | | 重量法 | 迅速法 |
|---|---|---|---|---|---|
| | X | σ | ETR | | |
| $SiO_2$ | 45,16 | 3,36 | 7,4 | 44,40 | 44,50 |
| $Al_2O_3$ | 12,43 | 1,14 | 9,2 | 13,77 | 12,73 |
| $Fe_2O_3$ | 14,44 | 1,00 | 6,6 | 17,00 | 14,96 |
| MgO | 5,20 | 0,74 | 14,2 | 6,99 | 6,60 |
| $TiO_2$ | 1,95 | 0,14 | 7,2 | 2,20 | 2,12 |
| CaO | 8,43 | 0,38 | 4,5 | 10,72 | 10,31 |

$\bar{X}$：平均値，$\sigma$：標準偏差，ETR：相対標準偏差

他方，理想的方法は共存元素の効果を消去する方に向かつている（すなわち，共存する他の元素の存在度に応じて一定量存在するある元素の“応答”にみられるすべての変動），天然標準については，このことは分析試料に充分近い範囲で検量線を作成することを要求する。理想的方法は構造因子についても問題のないものでなければならない（すなわち，岩石の結晶集合体中における元素の結合様式の応答に対する影響）（32）。このような方法は天然標準を純粋な物質でつくつた合成標準にとりかえることを正当化するであろう。時間の節約は顕著であり，天然標準の化学分析につきものの危険性は除去され，分光化学分析は全面的に独立した方法となる。

これらの理由からスラッグ分析に応用された融解法（33，18）に注意を向けるに至つた。

融解後の分光法－操作条件　No. 3

a）**試料の調製**

| | |
|---|---|
| 岩石粉末　−200メッシュ | 300 mg |
| 炭酸リチウム | 600 mg |
| ホウ酸 | 2000 mg |

混合と融解：白金ルツボ中。ステンレス板上で冷却。えられたガラス状物の粉砕。ガラスを内部標準およびグラファイト粉末と適当な割合に混合：

| | |
|---|---|
| 融解物粉末　−200メッシュ | 600 mg |
| 内部標準 NiO | 200 mg |
| グラファイト粉末 | 1200 mg |

混合と加圧ペレット製造：融解によって普通の酸化物はホウ酸塩に変る。ただしケイ素は部分的にケイ酸ナトリウムに入るので，均一マトリクス中の不純物と考えられる。構造因子はこうして除去され，融成物と合成標準の直接比較が可能となる。

b）合成標準の調製

合成標準は厳密に決定された割合に純物質（Al, Fe, Ca, Mg, Ti, Si に対しては酸化物，Na, K に対しては炭酸塩，Mn に対しては軟マンガン鉱，P に対してはリン灰石）を混合してつくる。

メノウ乳鉢で均一にした混合物を24時間，1000°C に加熱する。次にこれをふたたび微粉とし注意して貯えておく。調製量は5g である。実験によればこの方法がよい燃焼をうるのに適している。

合成標準はついで天然試料とまったく同様に処理される（第5表）。

第 5 表　一般岩石について確立された分析予定表

| 分析線 | | 検量線作成に用いられた合成標準 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $SiO_2$ | 2514Å | (75,00) | 71,00 | 65,00 | 60,00 | 55,00 | 50,00 | (45,00) | 52,31 | 62,50 | 57,50 |
| $Al_2O_3$ | 3082 | 13,00 | 14,00 | 15,00 | 16,00 | 17,00 | 18,00 | (12,00) | 15,00 | 20,00 | (22,50) |
| $Fe_2O_3$ | 2739 | (1,00) | 3,00 | 4,00 | 6,00 | 8,00 | 10,00 | (13,00) | 11,00 | 2,00 | 7,25 |
| CaO | 3159 | (0,75) | 2,00 | 3,12 | 4,92 | 7,35 | 8,93 | (13,00) | 11,00 | 1,00 | 0,50 |
| MgO | 2852 | (0,50) | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 5,00 | 7,00 | (11,00) | 6,50 | 9,00 | 8,00 |
| MnO | 2576 | (0,05) | 0,12 | 0,07 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,10 | (0,19) | 0,05 | 0,10 |
| $TiO_2$ | 3372 | (0,20) | 0,90 | 0,60 | 0,70 | 0,40 | (1,60) | 1,00 | 1,10 | 1,35 | 1,50 |
| $P_2O_5$ | 2553 | 0,14 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,12 | (0,34) | 0,28 | 0,15 | (0,10) | 0,15 |
| $Na_2O$ | 3302 | 3,75 | 3,29 | (5,00) | 5,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | (0,50) |
| $K_2O$ | 4047 | (5,61) | 4,50 | 5,00 | 4,00 | 3,00 | 1,00 | 2,62 | (0,75) | 3,00 | 2,00 |

天然岩石の化学組成との対応

1—花崗岩（平均アルカリ）　2—平均花崗岩　3—平均花崗閃緑岩　4—平均閃長岩
5—平均フォノライト　6—角閃石黒雲母閃緑岩　7—平均はんれい岩　8—輝緑岩（W-1）
9—片岩　10—片岩
（　）：各元素に対する最大，最小値

c）ペレット調製操作の詳細

秤量は感量 0.1mg の天秤で行なう。粉砕と均一化のいろいろな操作を付属工場でつくつた小形の均一粉砕器で実施している。この装置は5分間でメノウ乳鉢を用いて手で90分間粉砕したと同じ結果を与える。

ペレット調製前の最後の混合はメノウ乳鉢中で手で始め（5分間），前述の装置においたプ

ラスチック管中の機械的混合に終る（5分間）。

直径 1/2 インチのペレットは ARL ペレットプレスを用い，10 t 加圧でつくられる。

**d）装置と励起法**

装置は前述のとおりである。ペレットは銅製の特殊ペレット支持体に入れ，グラファイトの対電極と向いあわせる。

初期には 7 A の連続アークで励起したが，系統的研究によつて火花放電がよりよい再現性を与えることが明らかとなつた。連続アークの方が試料の鉱物組成には影響されることが少ないのであるが，最終的には火花放電が採用された。操作条件は次のとおりである。

励起条件：Durr 万能発光装置。高圧部分

(L=80 mH, C=6000 cm)

| | |
|---|---|
| 6段回転セクターの比率 | 2.51 |
| スリット | 20 μ |
| 電極とペレットとの距離 | 3 mm |
| 予備放電 | 5 sec |
| 露　出 | 20 sec |
| 極　性 | 試料を陽極 |
| 乾　板 | Kodak B 40 |

**e）スペクトルの解析**

乾板移動法によつて揮発性の研究を行なつたのち，下記線対 (38) をとりあげて読取式 Hilger ミクロフォトメーターで測定した。

Al 3092 (4.02 eV) — Ni 3243 (3.85 eV)
Fe 2599 (4.8 eV) — Ni 3243 (3.85 eV)
Ca 3179 (7.05 eV) — Ni 3243 (3.85 eV)
Mg 2852 (4.34 eV) — Ni 3243 (3.85 eV)
Ti 3349 (4.31 eV) — Ni 3243 (3.85 eV)

永続性のある検量線とスペクトログラムの解析は操作条件 No. 2（Seidel 関数を用いるノモグラフ法）に示した方法によつてえられた。

**f）融解-分光法のルーチン化試験**

ある方法を実用に供するにはルーチン化試験を行なう必要がある。そこで実験室の技術員の1人に1カ月にわたつて米国地質調査所標準岩石試料 G-1 と W-1 を含む組成の異なる5種の岩石について何回もの分析を行なわさせたのである。

ペレット調製に伴う誤差が見すごされないように3回にわけてペレットを調製した。それぞれの試料のスペクトルも同じく多数の乾板に分配した。全部で 55 のスペクトルが 12 枚の乾板に撮影された。すべての結果を1つ残らず保存して第6表をつくつた。

## 2. 直読分光法（カントメトリー）

数年来，発光スペクトル記録のための写真法に代るべき技術の発達に関心がますます注がれてきた。この研究は，光強度測定のためのフォトマルチプライヤーを備えた直読分光計の実現に導くに至つた。ARL 社で“カントメーター”の名のもとに製作されたこの種の装置は当研究室に 1958 年末備えつけられた。写真法にくらべての利点は一つは測定の迅速性，一つは高再現能，高精度にある (15, 16)。

カントメトリーは主として大きな製錬，製鉄所の生産管理に用いられている。そこでは迅速がもつとも重要視される無数の分析が必要なのである。

岩石学研究分野では，最後的な手段としてのみしか化学分析を利用しない。それは分析が困難であること，原価が高くつくこと，その目的のために整備された実験室が少ないことが原因

第6表　融解－分光法

平均値－標準偏差－化学分析値との比較

| | 花崗岩 G-1（8回分析） | | | | 輝緑岩 W-1（10回分析） | | | | 花崗岩 D 8084（14回分析） | | | | 閃長岩 RPA 140（9回分析） | | | | 閃緑岩 D 8078（14回分析） | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平均値 | 標準偏差 | 相対標準偏差 | 化学分析値 | 平均値 | 標準偏差 | 相対標準偏差 | 化学分析値 | 平均値 | 標準偏差 | 相対標準偏差 | 化学分析値 | 平均値 | 標準偏差 | 相対標準偏差 | 化学分析値 | 平均値 | 標準偏差 | 相対標準偏差 | 化学分析値 |
| $Al_2O_3$ | 13,94 | 0,72 | 5,1 | 13,94 | 15,1 | 0,80 | 5,3 | 14,72 | 12,08 | 1,26 | 10,4 | 12,45 | 15,5 | 2,10 | 13,5 | 15,73 | 16,9 | 0,46 | 2,1 | 15,70 |
| $Fe_2O_3$ | 1,58 | 0,26 | 16,5 | 2,02 | 11,75 | 1,12 | 9,6 | 11,72 | 1,32 | 0,56 | 42,4 | 0,97 | 2,86 | 0,26 | 9,2 | 2,71 | 11,65 | 0,84 | 9,1 | 11,00 |
| CaO | 1,54 | 0,34 | 22,2 | 1,41 | 11,57 | 0,42 | 3,6 | 10,96 | 0,91 | 0,17 | 19,2 | 0,38 | 1,11 | 0,26 | 23,4 | 0,52 | 8,11 | 0,87 | 10,7 | 7,94 |
| MgO | 0,26 | 0,08 | 31,7 | 0,39 | 6,58 | 0,65 | 9,9 | 6,63 | <0,25 | traces | — | 0,09 | 0,26 | 0,04 | 13,8 | 0,21 | 5,72 | 0,62 | 10,8 | 4,81 |
| $TiO_2$ | 0,22 | 0,03 | 15,1 | 0,25 | 0,84 | 0,10 | 11,2 | 1,10 | 0,20 | 0,11 | 54,1 | 0,10 | 0,42 | 0,05 | 12,8 | 0,40 | 1,71 | 0,91 | 53,4 | 1,12 |

である。研究のかなりの領域がそのためにまつたく手つかずであるか，または古典的方法を用いては容易に近づけない種類のものである。岩石学に多数の試料を処理できる超迅速分析技術を導入することは，地球化学が鉱物群の概念を原子群の概念によつて完成しようとしているこの瞬間においてとくに必要なのである。この報告で大きな部分をさいているこの岩石学的見解は，すでに M. Roubault が J. Sinsou (36) との協同研究になるケイ酸塩岩石の分光化学分析の第1報において規定された。その報告において始めて岩石学研究に対するカントメトリー応用の可能性が強調されたのであつた。その考え方は急速にかたまつて岩石学地球化学研究センターにカントメーターを設置するという所まで至つた。残されたことは，鉄鋼工業の管理に試験された技術をケイ酸塩岩石の分析という異質で極度に複雑な問題に移しかえることであつた。以下数頁は4カ月の試験ののちえられた結果を紹介することを目的としている。

本質的にはカントメーターは3つの部分からなりたつている。

1) **励起電源** （ARL 高精度電源）アーク性からスパーク性まで変化する低圧（1000 V）コンデンサー放電または高圧（30000V）スパークをつくりうる。

2) **分光計** 回折格子（1.5 m）分光計は1次で，6.95 A/mm，2次で 3.5 A/mm の分散を与える。分離された光をうける固定スリットとフォトマルチプライヤーは第7表に規定されている。本装置は現在10種の主成分元素の分析に予定されているが，このほかに微量成分の分析も可能である。最大予定数は全体で52元素の分析を可能とする。

3) **記録部** 光電管電圧制御のためのアテニュエーター（レオスタット），光電管から供給された電荷を蓄積するためのコンデンサー，電荷の逐次測定のための増幅部および記録計を備える。制御盤は操作の継続を決定することができる。電気的ゼロの調節と感度の制御は研究すべき濃度範囲に応じてその元素に対応する回路ごとに別々に行なわれる。

岩石のカントメーター分析

ルーチン分析の試験は一連の火成岩（花崗岩・閃長岩・閃緑岩・玄武岩・輝緑岩）について行なわれた。前述（第5表）の7種の合成標準がカントメーターの較正と検量線作成に用いら

第 1 図

:れた。

厳密な意味での岩石試料のカントメーター分析は同じペレットについての4回の連続測定を含んでいる。火花放電が行なわれた度ごとに，その放電のごく表面的な効果を取り去るために，ペレットの表面は小さい金属製ヤスリで修復される。記録紙上のペンは4回の各測定ごとに同じ出発点にもつて行く。こうして同じ元素に関して4つの山形図形が重なつたものを得ることができる。4回の測定のバラツキは直ちに明らかとなり，分析の精度に最初の検討を与え，平均値が即座に求められる。

記録計について読みとられた平均値を酸化物%へ換算することは，一連の分析に対して作成された検量線によつて同じく迅速である。

a）**内部標準-分析線-分析可能な濃度**

カントメーターは異なる内部標準：Ni, Ag, Sr および Li を使うことができるように設計されている。また励起時間は“Reflected Beam”という全発光エネルギーの記録装置によつて調節が可能であることを述べておこう。しかも Li がアルカリ元素（Na と K）に対して強制的に用いられるので，同時に2つの内部標準を使用することができるのである。

分析線と定量可能の濃度範囲は第7表に示す。分析試料である岩石中の濃度と実際にカントメトリーを実施するはるかに低い濃度を区別するのは当然である。というのは定量すべき元素が高含量であることと，岩石がケイ酸塩であるという性質はペレット調製の段階で相当の希釈を要求するからである。ペレット中で岩石の占める割合は3％にすぎない。

第7表　カントメトリー
分析線と濃度範囲

| 分析線 | 濃度範囲 | ペレット中に存在する濃度 |
|---|---|---|
| Ni 2821 | 内部標準 | |
| Li 4972 | 内部標準 | |
| Si 2514 | 40 % — 80 % | 1,2 % — 2,4 % |
| Al 3082 | 1 % — 30 % | 0,03 % — 0,9 % |
| Fe 2739 | 1 % — 25 % | 0,03 % — 0,75 % |
| Ca 3159 | 0,50% — 30 % | 0,015 % — 0,9 % |
| Mg 2852 | 0,50% — 30 % | 0,015 % — 0,9 % |
| Mn 2576 | 0,05% — 1,00% | 0,0015% — 0,03 % |
| Ti 3372 | 0,20% — 1,60% | 0,006 % — 0,048% |
| Na 3302 | 2,00% — 15 % | 0,06 % — 0,45 % |
| K 4047 | 0,50% — 15 % | 0,015 % — 0,45 % |

b）**試料の調製**

融解-分光法に用いられた試料調製をそのまま行なつた。このことは，故障の場合など装置を別のものにとりかえることを可能にする。試験期間にはとくに便利である。ペレットをつくるとき，融成物とグラファイトの比も1：2に保たれた。Ni を内部標準として用いない場合でも NiO の比率は同一とした。NiO の存在は，内部標準としての役割のほかに励起を規則的にする効果をもつているようである。とくにアルカリの含量が低い試料の励起を共通な条件に近づける。

c）**装置と励起法**

励起法　No. 1（スパーク条件）
分光計：ARL Production Control カントメーター
励起電源：高精度電源 4700（高圧部）
容量：0.007 mF

インダクタンス：360 mH
直列抵抗：5 Ω
1次電圧 200V 大
サイクルあたりの放電数：2

励起法 No. 2 （アーク条件）
励起電源：ARL 高精度電源 4700（マルチソース）
容量：30 mF
インダクタンス：56 mH
抵抗：45 Ω
電圧：950 V

2つの異なつた励起条件が岩石の分析に用いられた。励起条件 No. 1 （スパーク条件）は励起時間が "Reflected Beam" によつて制御され，Al を除くすべての元素の分析に好適である。Al に対しては励起法 No. 2 （アーク条件）がより正確，かつ精度のよい結果を与えた。この場合，Ni が内部標準として使用されている。

3秒のプレインテグレイションののち，22秒程度の放電が行なわれる。この時間はどの場合にも内部標準の励起によつて自動的に決定される。この間中，各種の元素，すなわち内部標準または定量すべき元素の励起は光電管回路積分コンデンサーによつて積分される。これらのコンデンサーには光電管がうけた光子の数に比例する電圧が蓄えられる。

内部標準のコンデンサーがあらかじめ定めたある電圧に達したとき（記録計で目盛 100 に相当），放電は自動的に停止される。定量すべき元素のコンデンサーにかかつた電圧は続いて増幅され，記録紙に次々と記録される。

22秒という値は一連の研究の結果採用された。この値はその上乾板にスペクトログラムを撮影するため同種のペレットに適用した一定励起時間（20秒）に近い。

**d）岩石についてのカントメーター試験の結果**

前記のカントメーター法は，別に化学的方法で分析した10種の異なる岩石に適用された。これらの岩石は，米国地質調査所標準岩石試料の G−1 と W−1，それに岩石学地球化学研究センターの化学実験室において重量法でそれぞれ20回分析した5種の試料である。普通の酸化物はすべて定量された。ただし $P_2O_5$ と $K_2O$ は除いた。これらの定量はまだいくらか問題点がある。化学分析とカントメーターによる結果は第8，9表に比較してある。

鉱物のカントメーター分析

ある岩石のつつこんだ地球化学的研究は岩石全体の化学分析と顕微鏡による薄片の検査にとどまるものではない。いくつかの鉱物，しばしば4ないし5種の鉱物からなる岩石においては，鉱物種それぞれの組成と相対的存在度を明らかにしなければならない。多くの場合，ある鉱物種の光学的性質はその化学組成に関連している。光学的性質によつて，鉱物種の決定とその近似的組成の推定が可能である。しかしながら一般鉱物種の複雑性は光学的規準では大きな不確実さが残存するような性質のものであり，またそれが各鉱物種ごとの個別分析にとつて代ることもありえない。すでに主成分元素の場合でも重要であるこの分析は微量元素の場合，その真価を発揮する。微量元素に対しては，光学的特性は事実上何の知見も与えないのである。

他方，分光法またはカントメーター法を確立する期間に，ある種のえらばれた鉱物への適用はいくつかの問題を選びだし，ある種の影響を明らかにすることを可能にした。岩石はあまりにも複雑な混合物であつて，励起時における構成元素の相互作用を評価することは容易ではない。1つの鉱物種または族の内部では，独立変数の数は逆に限られている。励起に対する同形置換の影響は，鉱物について容易に手がけることのできる問題のもつとも典型的な例である。

岩石の鉱物研究はあらかじめそれらを分離する必要がある。これは構成鉱物が大部分完全にばらばらになるまで小規模に粉砕し，"superpanner" または重液による比重分離，パラマグネチックセパレーター Forrer による磁気分離，双眼顕微鏡下のハンドピッキングによつて行なわれた。

第 8 表　標準岩石試料 G–1 と W–1 についてのカントメトリーと FAIRBAIRN (11) による化学分析値との比較

| | 花崗岩 $G_1$ | | | | | | | 輝緑岩 $W_1$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | | |
| | カントメトリー 1系列 32 anal. | カントメトリー 2系列 31 anal. | 化学分析値 Fairb. 29 anal. | 標準偏差 | | 相対標準偏差 | | カントメトリー 1系列 32 anal. | カントメトリー 2系列 30 anal. | 化学分析値 Fairb. 32 anal. | 標準偏差 | | 相対標準偏差 | |
| | | | | カントメトリー63 anal. | 化学分析 29 anal. | カントメトリー63 anal. | 化学分析 29 anal. | | | | カントメトリー62 anal. | 化学分析 32 anal. | カントメトリー62 anal. | 化学分析 32 anal. |
| $SiO_2$ | 73,00 | 72,70 | 72,86 | 1,37 | 0,35 | 1,9 | 0,5 | 52,80 | 52,90 | 52,69 | 1,13 | 0,32 | 2,2 | 0,6 |
| $Al_2O_3$ | 14,50 | 13,90 | 13,94 | 0,59 | 0,32 | 4,2 | 2,2 | 14,80 | 14,80 | 14,72 | 0,51 | 0,50 | 3,4 | 3,3 |
| $Fe_2O_3$(5) | 2,20 | 1,95 | 2,02 | 0,15 | — | 7,2 | — | 11,85 | 11,10 | 11,73 | 0,40 | — | 3,5 | — |
| CaO | 1,47 | 1,40 | 1,41 | 0,06 | 0,11 | 4,1 | 8,2 | 10,80 | 11,00 | 10,96 | 0,22 | 0,19 | 2,0 | 1,8 |
| MgO | 0,41 | 0,40 | 0,39 | 0,03 | 0,10 | 9,0 | 27,0 | 6,60 | 6,50 | 6,63 | 0,25 | 0,28 | 3,8 | 4,2 |
| MnO | 0,031 | 0,032 | 0,027 | 0,001 | 0,007 | 3,0 | 28,0 | 0,169 | 0,175 | 0,165 | 0,004 | 0,034 | 2,3 | 21,0 |
| $TiO_2$ | 0,22 | 0,25 | 0,25 | 0,01 | 0,04 | 4,3 | 17,0 | 0,96 | 0,98 | 1,10 | 0,04 | 0,15 | 4,2 | 14,0 |
| $Na_2O$(6) | 3,33 | 3,33 | 3,25 | 0,09 | 0,17 | 2,7 | 5,2 | 2,08 | 2,08 | 2,00 | 0,11 | 0,19 | 5,2 | 9,3 |
| $K_2O$(6) | 5,50 | 5,50 | 5,42 | 0,31 | 0,37 | 5,6 | 6,8 | 0,60 | 0,60 | 0,63 | 0,13 | 0,15 | 22,0 | 23,0 |

1—最初の系列の合成標準を用いたペレットについての一連のカントメーター分析

2—新しい系列の合成標準を用いた別のペレットについての一連のカントメーター分析

3—異なる実験室で行なわれ，Fairbairn (11) によってまとめられた化学分析値

4—相対標準偏差

5—全鉄は $Fe_2O_3$ として表現

6—融解物から炎光法で定量したアルカリ

第 9 表　カントメトリー　CRPG 研究室において分析された 8 種の試料に対するカントメーター値と化学分析値の比較

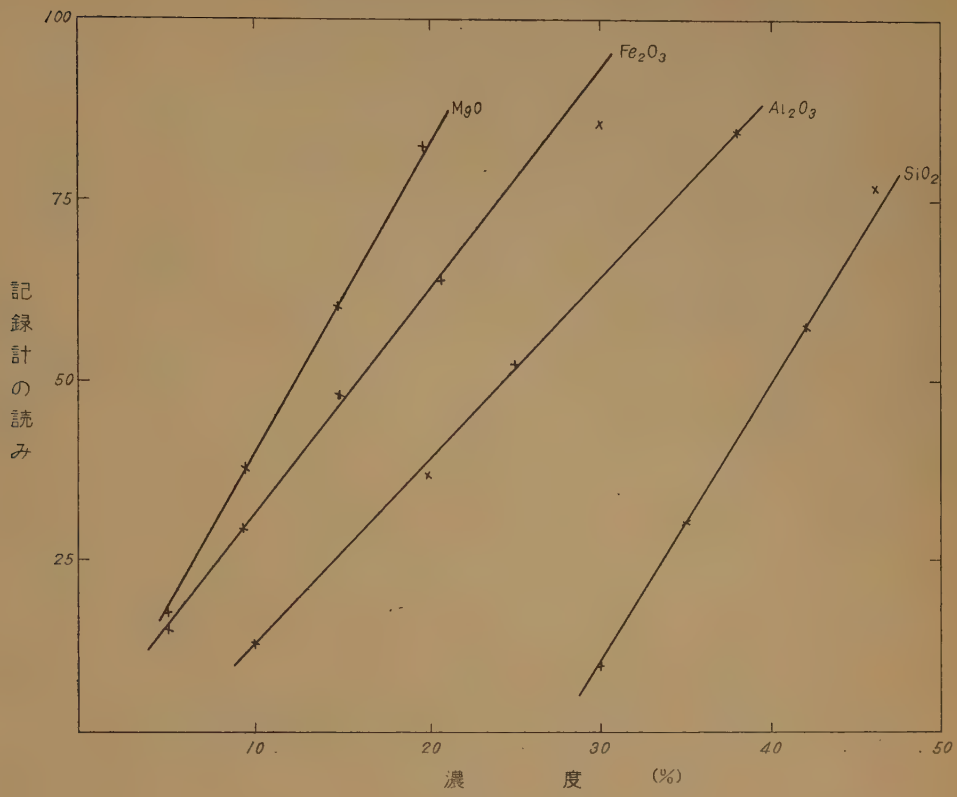
| | A | | B | | | C | | D | | E | | F | | G | | H | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| $SiO_2$ | 76, 80 | 74, 30 | 67, 50 | 66, 98 | 67, 51 | 68, 80 | 67, 34 | 64, 50 | 64, 50 | 68, 80 | 69, 93 | 71, 40 | 67, 10 | 50, 00 | — | 41, 00 | 42, 82 | 44, 05 |
| $Al_2O_3$ | 12, 75 | 12, 45 | 12, 75 | 15, 33 | 14, 23 | 14, 70 | 14, 91 | 12, 75 | 15, 05 | 12, 65 | 12, 93 | 15, 85 | 15, 73 | 15, 75 | 15, 70 | 11, 20 | 12, 24 | 11, 71 |
| $Fe_2O_3$ | 1, 70 | 0, 97 | 4, 50 | 4, 33 | 4, 43 | 4, 50 | 5, 22 | 5, 40 | 4, 71 | 5, 00 | 6, 24 | 3, 10 | 2, 71 | 10, 85 | 11, 00 | 11, 30 | 12, 45 | 11, 54 |
| CaO | 0, 35 | 0, 38 | 2, 25 | 1, 98 | 2, 16 | 3, 00 | 2, 71 | 2, 20 | 2, 14 | 0, 50 | 0, 86 | 0, 35 | 0, 52 | 9, 10 | 7, 94 | 11, 65 | 11, 66 | 11, 71 |
| MgO | trace | 0, 09 | 1, 05 | 0, 35 | 1, 37 | 1, 50 | 1, 51 | 2, 35 | 2, 37 | 0, 25 | 0, 58 | trace | 0, 21 | 4, 35 | 4, 81 | 10, 25 | 10, 70 | 10, 18 |
| MnO | 0, 03 | — | 0, 05 | 0, 04 | 0, 05 | 0, 12 | 0, 10 | 0, 05 | 0, 01 | 0, 10 | 0, 10 | 0, 21 | — | 0, 25 | — | 0, 16 | 0, 13 | 0, 18 |
| $TiO_2$ | 0, 10 | 0, 10 | 0, 16 | 0, 31 | 0, 25 | 0, 35 | 0, 44 | 0, 40 | 0, 55 | 0, 18 | 0, 33 | 0, 45 | 0, 40 | 0, 90 | 1, 12 | 1, 75 | 2, 17 | 2, 11 |
| $Na_2O$ | 4, 20 | 3, 71 | 3, 50 | 2, 85 | 3, 59 | 3, 00 | 3, 04 | 3, 20 | 1, 97 | 4, 40 | 2, 95 | 5, 70 | 5, 53 | 2, 40 | 2, 68 | 2, 70 | 1, 93 | 3, 17 |
| $K_2O$ | — | 4, 30 | — | 4, 00 | 4, 68 | — | 3, 86 | — | 5, 50 | — | 3, 75 | — | 5, 49 | — | 2, 10 | — | 1, 81 | 2, 36 |

1—カントメトリー（4 回分析）
2—重量分析値（20回分析）
3—迅速分析値（18回分析）

A—カーゲンスフェルト産花崗岩
B—ジェラルドメェル産花崗岩
C—アンドロオ産花崗岩
D—フオントネニ産花崗岩
E—ラオン・レターブ産花崗岩
F—オスロ産閃長岩 RPA 140
G—ナツテルシュタイム産閃緑岩 D 8078
H—エセエーラ・コオト産玄武岩

### a）雲母のカントメーター分析

雲母の分析問題は，化学的には雲母に類似し，しかも天然産のものが占める組成範囲をカバーするのに充分なだけ幅をもたせた 5 種の合成標準の調製から始められた。採用された方法は，あらかじめ融解を行なつてペレットを調製するという前述の方法である。極端な組成の標準についてカントメーターの較正を行なつたのち，各元素に対する検量線を 5 種の標準を使つ




第 2 図　雲母の分析・検量線

て作成した。検量線は第 2 図に再現した。

励起法 No. 1（スパーク条件）は，Si, Fe, Ca, Mg に対しては再現性のある結果を与えたが，Al に対しては再現性を欠いていた。励起法 No. 2（アーク条件）はすべての元素に対して一様によりよい結果を与えた。しかしながら，カリウムの定量は必ずしも満足ではなく，新しいテストの対象となるであろう。各地産（中央山地，（マシフ・サントラール），マダカスカルヴォージュ）の天然雲母 7 種（白雲母，金雲母，黒雲母）がこの方法で分析された。そのうち 2 種は化学的方法で分析され，この 2 つの方法の結果は第 10 表に示してある。

これら 7 種の試料についてなされた分析は，カリウムの場合を除いて満足なものであつた。

**b）ザクロ石のカントメーター分析**

ザクロ石のカントメーター分析は，化学的にザクロ石に類似した 4 種の合成標準からなる 1 組について試みられた。雲母におけるように，スパーク励起法は Si, Fe, Ca, Mg に対してはよい再現性を与えたが，Al に対してはまつたくずれた結果を与えた。断続アークを試みたところ，かなりの改善が認められた。第11表に示した結果は，研究途中のものであつて，いずれ完結する予定である。

**c）輝石のカントメーター分析**

ウンモとザクロ石の分析の場合のように，一連の合成標準が調製された。輝石 1 種が励起条件 No. 2 を用いて分析された。約 30 秒の励起時間は，プレインテグレイション 3 秒ののち，"Reflected Beam" によって調節される。第 1 回の結果は有望である。その化学分析値との対比を第 11 表に示す。

第 10 表　カントメトリー（雲母の分析）
カントメーター値と化学分析値との比較

| | チヤーノック岩の雲母（マダガスカル） | | ベアンパンガラトラ（マダガスカル）金雲母 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | カントメーター値 | 化学分析値 | カントメーター値（12 回試験） | | | 化学分析値 |
| | | | $\bar{X}$ | $\sigma$ | ETR | |
| $SiO_2$ | 39,55 | 40,10 | 41,4 | 0,97 | 2,3 | 40,10 |
| $Al_2O_3$ | 11,60 | 12,70 | 15,00 | 0,78 | 5,2 | 13,70 |
| $Fe_2O_3$ | 15,00 | 14,32 | 4,4 | 0,27 | 6,0 | 4,10 |
| MgO | 19,00 | 20,42 | 24,0 | 1,3 | 5,4 | 26,16 |
| CaO | 0,13 | 0,32 | 0,25 | 0,023 | 10,0 | 0,34 |
| $K_2O$ | — | 9,60 | — | — | — | 10,50 |
| $TiO_2$ | 0,60 | 0,43 | 0,49 | 0,030 | 6,0 | 0,33 |

$\bar{X}$：平均値　　$\sigma$：標準偏差　　ETR：相対標準偏差

第 11 表　ザクロ石と輝石の分析

| | チヤーノック岩のザクロ石（マダガスカル） | 輝石 | |
|---|---|---|---|
| | カントメーター値 | カントメーター値 | 化学分析値 |
| $SiO_2$ | 38,7 | 49,5 | 47,40 |
| $Al_2O_3$ | 23,6 | 4,8 | 4,70 |
| $Fe_2O_3$ | 34,0 | 3,2 | 3,70 |
| CaO | 1,6 | 26,5 | 25,84 |
| MgO | 3,0 | 16,0 | 14,02 |
| $TiO_2$ | — | 0,3 | 0,40 |

この報告に集められた結果は，ケイ酸塩岩石の分析に対する分光化学法の価値をよく示している。しかしわれわれの考えでは，これがおもな利点ではない。ケイ酸塩の主成分元素定量という分野における分光法の可能性は，実際多数の研究者によつて開発された。われわれが得た精度と再現性は，基礎的文献の示す所と一致している。少なくとも本来の分光法に関する限りはそのとおりである。カントメトリーは精度を向上させるようである。この結論においてわれわれが強調したいのはケイ酸塩岩石の場合に適用される検量の方法である。

もし未知岩石の組成が，それに近い既知岩石の組成との対比によつて比較的容易に決定されるならば，非常に広い組成の範囲をカバーする**合成標準によるただ 1 つの較正**を作成したり，花崗岩・玄武岩ほど異なつた岩石の分析のための**永続性のある検量線**をつくるのにそれを用いたりすることは野心的であるようにみえるかもしれない。これはそれぞれの特殊な場合ごとに固有な較正の複雑な問題をいくらか除去するということなのである。この意味で，えられた結果は決定的なものであり，直ちに岩石のルーチン分光化学分析にとりかかることを可能にしているであろう。

他方，とくに重要なポイントは操作を単純化し，分析速度を著しく増大するカントメトリーが，その精度も向上させることである。つい最近まで大胆すぎるように思われた道が，これからは広く開かれたのである。逆説的にいえば，近い将来においては，分析法それ自身ではな

く，試料調製がケイ酸塩岩石に行なわれる分析数を規定することになるであろう。

## 文　献


1）Ahrens L.H. (1950) : Spectrochemical Analysis, Addison Wesley Press.

2）Ahrens L.H (1954) : Quantitative Spectrochemical Analysis of Silicates, Pergamon Press. London.

3）Argyle A. and Price W.J. (1948) : A new method of photographic evaluation in Spectrographic Analysis. Jour. Soc. Chem. Ind, vol. 67, p. 187-190.

4）Black I.A. (1952) : Application of the Seidel transformation to the determination of intensity ratio by blackening curve separation. Spectrochim. Acta, vol. IV, p. 519-524.

5）Breckpot (1939) : L'analyse Spectrochimique par la méthode du secteur à échelons. Spectrochim. Acta, p. 137.

6）Bulletin of the Academy of Sciences of the U.R.S.S. (Physical Series) 1955. vol. 19, no 1, p. 56-99.

7）Connor J. and Shimp N.F. (1956) : Spectrographic Analysis of soils and soil clays. Spectrochim. Acta, vol. 8, p. 107.

8）Dennen W.H. and Fowler W.C. (1955) : Spectrographic Analysis of Silicates by use of Mutual Standard Method. Geol. Soc. Amer. Bull. 66, p. 655-662.

9）Fairbairn et al. (1951) : A cooperative Investigation of Precision and accuracy in chemical, spectrochemical and Modal Analysis of Silicate Rocks. United States Geol. Survey Bull. 980.

10）Fairbairn H. and Schairer J.F. (1952) : A test of accuracy of chemical analysis of silicate rocks, Amer. Mineral. 37, p. 744.

11）Fairbairn H.W. (1953) : Precision and accuracy of chemical analysis of silicate rocks. Geochimica et Cosmochimica Acta. vol. 4, p. 143-156.

12）Gillette J.M., Boyd B.R. and Shurkus A.A. (1954) : Spectrochemical determination of metallic elements in non-metallic samples. Appl. Spec. 4, p. 162-168.

13）Goldsmith J.R., Graf D.L. et Joensuu O.I. (1955) : The occurrence of magnesium calcites in nature. Geochimica et Cosmochimica Acta. vol. 7, p. 212-230.

14）Grooves A.W. (1951) : Silicate Analysis, Allen and Unwin, London.

15）Hasler M.F. and Dietert H.W. (1944) : Jour. Opt. Soc. Am. 34, p. 751.

16）Hasler M.F., Kemp J.W. and Dietert H.W. (1946) : The Spectrochemical Analysis steels with a direct reading Instrument. ASTM, Bull. no. 1390.

17）Hasler M.F., Harvey C.E. and Barley (1948) : The Spectrochemical analysis of cements and other mineral products. Amer. Soc. Test. Materials, 48, p. 944.

18）Hasler M.F. (1952) : Quantometry in 1952. Spectrochimica Acta, vol. 6, p. 69-79.

19）Hawley J.G. and Macdonald G. (1956) : Quantitative Spectrochemical Analysis of silicates. Clas - Email - Krarmo - Tecknik - vol. 3. Cosmochimica Acta, vol. 10, p. 197-223.

20）Hegemann and Zoellner (1952) : Complete Quantitative Spectrochemical Analysis of silicates. Clas - Email - Krarmo - Tecknik - vol. 3.

21）Jaycox E.K. (1947) : Spectrochemical analysis of ceramics and other non - metallic materials, J. Opt. Soc. Amer. 37, p. 162.

22）Jaycox E.K. (1958) : Quantitative Spectrochemical Method of Broad Applicability -

Appl. Spect. 3, p. 87-89.

23) Leninger R.K. (1950) : Scheme of the analysis of silicate rocks. Spectrographic method. Anal. Chem. 26, p. 436.

24) Lounamaa N. (1956) : Spectrographic analysis of copper-making and lead-making slags for major constituents. Spectrochimi. Acta. vol. 7, p. 358-366.

25) Kvalheim A. (1947) : Spectrochemical determination of the major constituents of minerals and rocks. J. Opt. Soc. Amer. 37, p. 585.

26) Mercy E.L.P. (1956) : Geochimica et Cosmochimica. Acta. vol. 9, p. 161-173.

27) Mitchell R.L. (1956) : The Spectrographic Analysis of soils, plants and related Materials, Technical Communication no. 44 of the Common Wealth Bureau of Soil Sciences, Harpenden, England.

28) Morand (1956) : L'analyse Spectrographique des réfractaires silico-alumineux G.A. M.S. 19e Congrès. p. 73-83.

29) Muld W. (1953) : On the Spectrochemical analysis of silicate rocks, Spectrochimi. Acta. vol. 6. p. 53-54.

30) Oshry, Ballard and Schrenk (1942) : Spectrochemical determination of Si, Fe and Al in mineral powders with a high voltage direct current arc. J. Opt. Soc. Amer. 32, p. 672.

31) Price W.J. (1952) : Evaluation in Spectrographic Analysis Spectrochim. Acta, vol. 5, p. 278-285.

32) Price W.J. (1952) : J. Rec. Dev. B.C.I.R.A. vol. 4, no 5.

33) Price W.J. (1953) : Spectrographic Analysis of complex Oxides with particular reference to slags and ores, Spectrochimica Acta. vol. 6. p. 26-38.

34) Roubault M. (1957) : Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques. Brochure de présentation. Edition C.N.R.S. Paris 1958.

35) Roubault M. (1958) : Observations sur la composition chimique d'un cristal de microcline pethitique. Paris, CR Acad. Sci., T 247, p. 1355-1358.

36) Roubault M. et Sinsou J. (1956) : Contribution à la mise au point des méthodes d'analyse Spectroquantitative des roches cristallines silicatées. G. A.M.S. 19e Congrès, p. 35-71.

37) Rushton B.J. and Nicholls (1957) : A Spectrographic Scheme of the determination of Al, Ti, Fe, Ca, Mg and Mn in Silicates. Spectrochimi. Acta, vol. 9. p. 287-296.

38) Saidel, Prokofjew, Raiski : Tables des raies spectrales. Veb verlag Technik Berlin.

39) Sanders G. (1948) : Correction for Gamma Changes due to variation in Exposure and development with reference to Spectrographic Analysis (Two line pair method). Jour. Soc. Chem. Ind., vol. 67, p. 185-187.

40) Shapiro L. and Brannook W.W. : U.S.G.S. Cir. 165.

41) Shapiro L. and Brannook W.W. (1956) : U.S.G.S. Bull. 1036. C.

42) Shirley H.T., Oldfield A. and Kitchen H. (1956) : S. Acta, vol. 7. p. 373-386.

43) Stallwood B.J. (1954) : Air cooled electrodes for the Spectrochemical analysis of powders. J. Opt. Soc. Amer. 44. n° 2. p. 171-176.

44) Strock L.W. (1953) : Quantitative Evaluation of a Metal-Base method for determining major constituents in non-metallic samples Applied Spec. 7. p. 64-71.

45) Tingle W.H. and Matocha C.K. (1958) : Spectrochemical Analysis of non-Metallic Samples Anal. Chem, vol. 30, p. 494-498.

46) Voinovitch I. (1958) : Analyse Spectrochimique des silicates. Bull. de la Sté Francaise de Céramique n° 39.

47) Ward W. and Hartley F. (1953) : Spectrographic Testing of Glass making Standards. J. Soc. Glass Tech. 37, p. 1137-1237.

48) Washington H.S. (1937) : The Chemical Analysis of Rocks. John Wiley, NY.

# 講演要旨*

## 第6回エカフェ地質専門家会議および鉱物資源開発小委員会報告

関根　良弘

要　旨

1）標記の両会議は，1966年8月8日～20日，タイ国バンコク市のエカフェ事務局会議室で開催され，域内外19カ国から約80名の代表が参加した。日本代表団は，佐藤光之助・関根良弘・嶋崎吉彦（以上地質調査所），地引嘉博（日本大使館），岩船達三（三井金属鉱業），高木義夫（同和鉱業）である。

2）地質専門家会議　各国の地質調査・鉱床探査活動の状況では，組織的地質調査が鉱物資源開発の基礎として行なわれ，大幅に進捗した。調査・探査技術として地化学探査・物理探査・写真地質調査技術が経常的方法として活発に使用されている。各国の地質調査活動としては，鉱物資源の基礎的調査・探査のほか土木地質・水理地質の面が急速に進みつつあり，地熱開発の調査研究の機運がでてきた。

3）当会議の重要事業の地質図類（いずれも500万分の1縮尺）の編集については，域内地質図・鉱物分布図は改訂する。石油天然ガス図の改訂は検討中で，構造地質図の編集は完了に近く，鉱床生成図の編集は日本地質調査所長が責任者で進行中であり，両図とも次回会議までに完成させる。重力図は日本・インドが共同編集に着手し，水理地質図の作成は次回に決定される。

4）域内各国の資料による上記地質図類の編集，各国の埋蔵鉱量の分類法，各堆積盆地間の層序対比の編集は，域内各国間の知識の交流に貢献するとともに，今後は国際学術機関との協力を要する面が増加している。

5）懸案の東南アジア地域地質調査センター設立の問題はなお検討中である。

6）鉱物資源開発小委員会　域内各国の鉱業は，前回以降着実な発展をみせており，地質鉱床の調査，新技術の利用とともに，試錐技術の進歩と，探鉱試錐の大幅な使用により鉱床の発見と開発が大きく前進している。

7）いままでに開催された天然ガスセミナー，石油シンポジウム，各種の重要な鉱物種に関する事務局の編集出版，鉄鉱石の国際市場に関する国連の調査編集などの事業は，域内鉱物資源の今後の開発に貢献する。また，世界の食糧増産に関連し肥料工業用原料鉱物の探査開発が緊急事となつてきた。

8）両会議を通じ共通の問題として重要なことは，地質・鉱山技術者の教育・養成・訓練である。域内諸国とくに発展途上国では有能な技術者が不足していて，基礎的調査研究から鉱山開発に至る各段階での停滞が認められ，各国では独力でこの問題を解決できないので，日本や欧米先進国による訓練生の受入れを期待している。

9）他の重要なことは，域内諸国の経済発展の基礎である鉱物資源の探査・開発には，高い水準の技術と経済力とが必要であるが，開発途上国においては，この面でも多くの困難に遭遇していて先進国からの技術協力と経済援助とを期待している。

10）現状では，欧米先進国がきわめて積極的に技術協力・経済援助に進出していることに，われわれは注目する要があり，今後わが国としても，地質調査・鉱山開発に関する長期的な視野での技術協力・経済援助の方向と体制を強化しなければならない。

なお，両会議の次回第7回会合は1968年にイランにおいて開催されることになつた。　（鉱床部）

## 第1回アジア沿海鉱物資源共同探査調整委員会について

嶋崎　吉彦

大陸棚地域における鉱物資源の重要性は将来益々増大するが，この探査には物理探査，海底地質調査その他の高度な技術が必要であり，資金も相当必要であるので，アジア地域の大部分の国が独力でこれを行なうことは困難である。

そこでエカフェ事務局は1965年6月にバンコクに高級専門家の会議を開き，海底資源探査を促進する方途を諮問した。その結果標記の調整委員会を設立して関係国の探査活動の調整，技術者訓練，各種データの編集出版，探査のために必要な資金調達の方途の考慮，などを行なうことになり，昨年11月東京で開かれた政府代表会議で設立の方針が決つた。その後，本年2月のエカフェ産業天然資源委員会ならびに本年4月のエカフェ総会でこの調整委員会は正式に発足した。

当調整委員会はメコン開発委員会と同じような地位を占めるものであつて，エカフェの関連機関ではあるが，独立した形になつており，いわばエカフェの外局のような存在とみることができよう。また日・米・英・独・仏から1名ずつの高級専門家を派遣して Advisory Group を構成し，技術的な助言を行なうことになつて

* 月例研究発表会講演要旨
昭和41年10月18日本所において開催。

いる。当調整委員会の活動と構成は上記のとおりであるが，最初は確実な実績を上げるために小さなものから出発することになり，当初の加盟国は日本・韓国・台湾・ならびにフィリピンの4カ国であるが，将来発展して多くの国の加盟が予想される。

第1回会議はマニラで本年5月に開催され，各国が従来行なつた海上探査活動の報告，将来の活動計画の報告，日本に技術者訓練を要請する決議などがなされた。

第2回会議は本年10月29日～11月7日の間に東京で開かれ，前回会議で提出された各国の将来計画の検討，訓練計画の検討，出版物に関する検討などが行なわれる予定である。

わが国は技術協力の立場からこの委員会に参加しており，技術者の訓練，データの収集・編集・出版，各国の探査事業の調整などの事業に協力している。また日本としては，この委員会の活動に関連して，海底資源探査を目的とした基礎的問題を重視し，東南アジアの大陸棚地域の鉱物資源の賦存状態に関する基礎的調査研究を行なうよう計画している。これら計画を積極的に推進することはこの地域の開発に大きく貢献するのみならず，わが国の今後の経済協力に必要な基礎的資料を提供することになると考える。（鉱床部）

## 太平洋学術会議における課題討論会“太平洋地帯における鉱床の生成区と生成期”をきいて

小関　幸治

このシンポジウムは，東大渡辺武男教授がコンビナーとなつて組織され，8月25・26・27日の3日間催された。寄せられた16の演題は，ソ連7篇（うち2欠席），日本4篇，インド2篇（ともに欠席），台湾・オーストラリヤ・フィジィー各1篇であつた。

第1日目は，まずC.K. ファン（台湾）が，金瓜石地区の金銅鉱化作用が鮮新一最新世であると推論した。I.N. トムソン，V.S. クラブコフ（ソ連）およびT. 竹内，T. 宮沢，H. 今井（日本）は，アジア東部の鉱床形成時期のうちで，中生代末期が非常に重要であることを詳論した。第2日目は，M.A. ファボルスカヤ，V.L. ルジノフ（ソ連）が，カムチャッカ－千島弧の鉱化作用について論じ，T. 渡辺，T. 立見は，日本の別子式層状含銅硫化鉄鉱床，古生代および中生代の層状マンガン鉱床，第三紀の黒鉱鉱床が，海底噴気－熱水型鉱床であると結論した。N.H. フィッシャー（オーストラリヤ）は，パプアーニューギニアの鉱床生成区について論じた。最終日には，Y. 関根，T. 岡野，H. 大町（日本）が，日本列島の鉱床生成の様相をその構造発展に関連づけて論じ，R.B. バンド（フィージィー）は，同島における黒鉱鉱床の存在を強調した。E.A. ラドケヴィッチ（ソ連）は，太平洋地帯における鉱床生成の比較論をとり上げ，C. 西脇（日本）も同地帯の斑岩銅鉱床に関する従来の知見を述べた。最後にはV.I. スミルノフ（ソ連）が，シベリヤ東部の鉱床生成について詳論した。

以上の各講演は，もとより基礎的な多くの調査研究成果が積み上げられたものであり，その意味で，今回のこのシンポジウムは，われわれの今後の研究に対して有益な示唆を与えてくれたと思う。（鉱床部）

## 第11回太平洋学術会議における第24番目の課題討論会“環太平洋造山運動の年代と性質”について

服部　仁

9月25・26・27日の3日間にわたり開かれたこの討論会には，22論文が提出された。コンビナー松本達郎九大教授の挨拶によれば，寄せられた論文および討論記録はElsevier 社の Tectonophysics（1967）に掲載の予定である。

初日には，カナダ，ソ連，日本，台湾，フィリッピン，インドネシア，ニュージーランドおよび南米コロンビアの各国別に，おもに構造地質学的内容の講演が行なわれた。これらのうち松田時彦らの述べた日本の若い地質時代におけるペア変成帯説，およびニュージーランドのC.A. Fleming による生物界フアウナから解析した造山運動の地背斜期（造山運動の高潮期を白亜紀に推定した）はとくに注目された。

2日目はおもに岩石学的およびアイソトープによる年代決定のテーマが多かつた。M.M. Lebedev らによるカムチャッカ半島およびD.S. Coombs によるニュージーランドの変成帯がそれぞれ白亜紀におけるペア変成帯をなすと述べられた。また河野義礼らの行なつたK-A法による日本の酸性岩類の形成時期の総括では，年代が帯状分布をなすことが示された。

最終日は巨視的な構造地質学的立場からの報告が主体であつた。N.A. Bogdanov による古生代における環太平洋西側地域の3つの地向斜列はソ連らしい大胆な試みであつた。コンビーナ松本達郎の講演は，この地域における本質的な問題点を総括していた。

この討論会を概観してみると，環太平洋地域には若い地質時代のペア変成帯が可能であり，これを1つの特質としてとらえ，その成因を考察するという雰囲気が強かつた。それにひきかえて，批判的論文や討論が皆無に等しかつたのは残念であり，討論会の意義を半減したといえるのではないだろうか。（地質部）

## 太平洋学術会議報告地質部門の "個人講演" をきいて

神戸　信和

太平洋学術会議の講演会は 8 月 23 日から 9 月 2 日にわたつて東京大学で盛大に行なわれた。地質部門のシンポジウムおよび部会はそれぞれ次のようなテーマで行なわれた。

シンポジウム

No. 19：鮮新世および後鮮新世間の太平洋地域における海面変化と地殻変動

No. 23：環太平洋地域における鉱床の生成区と生成期

No. 24：環太平洋造山運動の時代と性質

No. 25：太平洋地域における第三紀層の対比と気候変化

部　会

Section 4－1：大小地体構造

Section 4－2：古生物学

Section 4－3：岩石学

Section 4－4：堆石学

私は 8 月 29 日から 9 月 2 日まで湊　正雄・森本良平両教授主催のもとに行なわれた "部会 4－1 大小地体構造" に出席した。講演は都合で中止となつた 7 を除く 26 の講演であつた。講演を国別にみると日本の10，ソ連邦の 6，北米の 3，ベトナムの 2，ソロモン諸島（英保護領）の 2，韓国，中華民国，インドネシアおのおの 1 の順であつた。

各国の講演内容をそれぞれ概略説明し，このような機会に各国学者が一堂に集まり，研究者相互に意見の交換と討議が行なわれたことの，今後の研究に及ぼすところきわめて大なることを強調した。（地質部）

## 太平洋学術会議報告　地球化学
### ——組織委員として——

本島　公司

昭和 41 年（1966）8 月 22 日から 3 週間にわたつて，東京大学および日本各地で開かれた第 11 回太平洋学術会議の議題に含まれた地球化学に関連する領域としては，主として次のようなものがある。

1) 水中における生物学的ならびに化学的物質代謝（基礎生産および二次生産を含む）
　コンビナー　菅原　　健氏
2) 国際地球内部開発計画（UMP）
　コンビナー　和達　清夫氏
3) 太平洋海域における化学元素および同位体（有機物質を含む）
　コンビナー　北野　　康氏
4) 陸水
　コンビナー　菅原　　健氏
5) 化学的および生物学的海洋学
　オルガナイザー　堀部　純男氏
6) 固体地球物理学（測地，地震，火山，地磁気，地熱および地球化学を含む）
　チェヤーマン　高橋竜太郎氏
7) 環太平洋地域における鉱床の生成区と生成期
　コンビナー　渡辺　武男氏

演者がオルガナイザーとして，うけもつた地球化学デシプリンは，第 III 部門すなわち地球物理学に属する上表 6 の中の 1 つである。はじめ日本地球化学会の委員会にはかり，次の専門区別の討論を計画して，次の人達へ連絡をとることにした。

1) 高温高圧関係
　N.I. Khitarov（ソ連，ベルナドスキー研究所），H.S. Yoder, Jr.（米国，カーネギー地球物理研）
2) 熱力学関係
　J. Verhoogen（米，カリフォルニア大学），H. Craig（同位体を含む，米，スクリップス海洋研），D.S. Korzhinskii（ソ連，鉱床研究所（イゲム））
3) 同位体と年代決定
　H.C. Urey（米，カリフォルニア大学），J.L. Kulp（米，ラモント研），C.C. Patterson（米，カリフォルニア工大），T.A. Rafter（ニュージーランド，DSIR，核研），H.G. Thode（加，マックマスター大学）
4) 一般地球化学，地質，火山
　F.A.F. Berry（米，カリフォルニア大学），I. Mc Dougall（濠，オーストラリヤ国立大学），I. Freedmann（米，USGS，デンバー），K.J. Murata and D.E. White（米，USGS，メロンパーク），G.A. Mc Donald（米，ハワイ大学），A.J. Ellis（ニュージーランド，DSIR.，化学部），H.D. Holland（米，プリンストン大学）
5) UMP
　H.A. Powers（米，U.S.G.S.，ハワイ火山研），D.S. Korzhinskii

以上の分類と考え方により，途中から共同オルガナイザーとして参加して下さつた東京教育大学化学教室の松尾禎士氏とともに，組織化を計つたが，先約の学会への出席，旅費の都合の不如意などで，海外からの出席者がうまく集まらず，結局地球化学は，火山と結合して会議をもつことに決定した。

最終的に 9 月 1 日（木）と 2 日（金）に講演されたのは，次の 9 つであつた。

1. L.V. Dmitriev ら；インド洋および太平洋底の玄武岩類
2. 野口喜三雄ら；ラッセン国立公園の火山ガスと温泉
3. 桂 敬ら；玄武岩マグマの結晶過程での酸素分圧の影響
4. J.S. Rinehart；イエローストーン国立公園温泉の間歇現象
5. 野口喜三雄ら；イエローストーン国立公園の温泉
6. J.J. Naughton ら；ハワイにおける火山ガス研究の発展
7. I.L. Barnes ら；火山ガスの微量成分の分析
8. 鎌田政明ら；硫黄島火山の火山エマネーション
9. 桂 敬ら；溶融火山岩への塩化水素の溶解度

これら会議の間の座長には J.J. Naughton (米) と D.P. Hill (米) 両氏があたり，副座長にはそれぞれ桂敬，小穴進也の両氏があたつた。会議は必ずしも活発であつたという印象は得られなかつたので，組織委員として反省すべき点が多い。 (技術部)

## 地質調査所における海外地質部門の問題点

佐 藤 光 之 助

地質調査所においては，最近地質に関する国際交流，発展途上国への技術協力などの面に関する海外地質の業務が急激に増加しつつある。次にこれらについて述べ，問題点について考えてみたい。

(1) IUGS について

IUGS (International Union of Geological Science) に IGC(International Geological Congress) から発展し常置機関として設立されたものである。これには地質に関する種々の Commission さらに Subcommission あるいは Internal Association が参加している。例えば Commission on Stratigraphy には幾つかの Subcommission があり，そのうち Stratigraphical Lexicon の Subcommission が含まれており，地層名辞典の編さん出版などを行なつており，また International Mineralogical Association では 1970 年東京において総会を開くことが決められている。

(2) CGMW について

Commission for the Geological Map of the World (CGMW) は IUGS の International Association の 1 つとして，IUGS に最近参加した。CGMW は各大陸ごとの 500 万分の 1 地質図，1000 万分の 1，1500 万分の 1 の全世界の地質図の編さん出版を計画，実施している。これには各国とも主として Geological Survey が中心となつており，Tectonic Map, Metallogenic Map, Hydrogeological Map などの Subcommission, さらにまた Working Groups が設置されている。

(3) 国連関係について

ECAFE 関係としては，地質専門家会議，鉱物資源小委員会，石油シンポジウム，水資源開発技術会議その他の会議があり，本所として中核的役割りを果してきたが本年からはさらに沿海鉱物資源共同探査調整委員会が設置され，日本，韓国，台湾，フイリッピンなどの島弧帯沿海の大陸棚の地質地下資源の共同探査計画および技術者の研修の計画が進められている。

UNESCO の黒潮共同調査国際調整グループ会議が今夏東京において開催されたが，その際黒潮共同調査第 2 次計画として，海洋地質学，地球物理学的調査が提案討議されている。

その他 ECAFE, UNESCO による各種ゼミナールへの参加，また専門家派遣などが行なわれている。

(4) 国際共同研究

わが国は米国と国際的な共同研究を実施しており，科学協力については海洋地震探査，技術協力としては地熱開発研究の分野について関係している。また世界的な共同研究としては UMP の深層試錐部門の日本の責任者となつている。

(5) 技術協力

発展途上国に対する技術協力について，地質分野の活動が次第に盛んになりつつある。

金属，非金属鉱床，炭田，油田，地熱などの面について，従来アジア，南米，中近東にわたつて主として地質調査所が中心となつて行なつてきた。これらの技術協力については，今後地域地質，物理探査，地化学探査などを含む総合調査の傾向が次第に要請されるようになりつつある。また陸域のみではなく，さらに大陸棚の地質，地下資源の解明が問題となろう。

(6) 海外受託調査

地質調査所としては，国内諸機関からの受託申請に基づいて，海外調査に協力している。

(7) 技術研修

地質調査所の業務に関係ある技術研修のための希望者は最近急激に増加している。とくに台湾，韓国などの隣接国からの研修者の来訪が目立つている。1967 年から研修については，物理探査，地下水について正式な研修組織が設けられることになつている。

(8) 問題点

地質図関係の国際協力については CGMW, ECAFE などと連絡を保ちつつ地質調査所がわが国の中心的機関としての役割りを果すことが要請されている。必要に応じ地質学研究連絡委員会と連絡をとり，大学関係との協調を計るべきであろう。

IUGS 関係の業務については，GS の組織あるいは所員が，おのおの専門分野において活躍することが望ましい。

ECAFE 地質専門家会議においては，発展途上国の地質調査への関心が深く，地質調査所としては日本の代表としての役割りは重い。この会議においては毎回各国の地質調査活動，調査技術の発展などの報告が必要となり，地質調査所としても充分その対策を強化する必要にせまられている。

大陸棚地下資源の開発は世界的に注目されているところであるが，ECAFE においても経済開発の基礎調査として，大陸棚地質構造の解明が重要な問題となつてきている。このためには地質，地球物理的な，総合調査のすい進が必要で，アジアにおけるこの分野に関する豊富な経験を有する日本に対し期待する面が多い。地質調査所としては大陸棚の地質構造解明に対する技術協力を強化するとともにさらに他の重要テーマである地下水を含めた研修モニターの設立を準備している。

発展途上国における地質に関する技術協力については先進国の間ではげしい競走が行なわれている。とくに地質図幅作製のように地域地質調査から出発して，非常にオーソドックスにとりくんでいる傾向が認められる。この分野においては，地域的なとり上げ方と，技術面での協力を充分配慮して行なう必要があろう。

今後の地質調査所としては，視野を新にして，国内の調査研究，資料の編さん，海外地質などの分野に関し，均衡のとれた発展を計ることが必要であろう。（所長）

## 松代群発地震調査研究報告**

松代地震調査研究グループ

1) 松代震源域の地質と地質構造

地質部　垣見俊弘・沢村孝之助

北海道支所　曽我部正敏

応用地質部　長谷紘和

この地域には中新統を基盤として，鮮新世ないし第四紀の火山岩類がみられる。中新統は黒色頁岩を主とするが，凝灰岩・変朽安山岩をはさみ，石英閃緑岩類に貫かれる。千曲川北方の油田褶曲帯と対照的に，この地域は箱型褶曲帯であり，皆神山は地塊の境界部に位置している。

2) 松代付近の断裂系統

燃料部　星野一男

松代町周辺の節理・断層について地表調査の結果を報告する。主要方向が北・北東一南南西および北北西一南南東のもの（第一群）と東北東一西南西および西北西一南南東のもの（第二群）と4種の顕著な方向が認められる。第一群は規模が大きいが，分布はある帯状に沿つて現われるような傾向がある。

第二群は個々の割れ目の規模は小さいが，第一群よりも新しく，分布が普遍的である。第二群はそれぞれ Conjugate set をはなすように思われるが，現在の断裂パターンはむしろ鉛直方向より押し上げにより生じたような形態をなしている。

3) 松代付近岩石に対する高封圧下変形破壊実験について

燃料部　星野一男

松代地震観測用ボーリング孔および松代町周辺から収集した5種の代表的岩石，別所層頁岩・閃緑岩・皆神山安山岩・奇妙山凝灰岩・玄武岩について封圧 2,000kg/cm² までの高圧で変形破壊実験を行なつた。玄武岩・頁岩・閃緑岩はかなりの封圧下でも著しく brittle である一方，皆神山安山岩・奇妙山凝灰岩は 500～1,000kg/cm² で ductile となつた。封圧対強度，弾性率，体積弾性率，ductility との関係図を示す。また変形に伴う微少破壊音の発生についても報告する。

4) 歪計観測について

燃料部　星野一男

皆神山での試錐孔を利用して，本邦ではじめての地下200m における岩盤の歪みについての連続観測を試みた。

5) 松代地震震域における重力異常について

物理探査部　瀬谷　清

3月に行なつた概査結果（地質ニュース 144 号）に基づいて7月に精査を行なつた。今回の調査に当つては千曲川東南部の山地の重力異常，とくに，皆神山部分に存在すると予想された低重力異常を明らかにすることに主眼をおいた。得られた重力異常は地域の地質，地質構造と調和的である。震域中央部の皆神山部分に現われる異常はきわめて興味あるものであり，ここにカルデラ状構造の存在が推定される。松代群発地震はその活動状況から「皆神地震群」のほかに「若穂地震群」「雨宮地震群」に3大別できるようであるが，これらがいずれも地域にみられる3つの低重力域に多く発生しているのが注目される。

6) 松代地震地域における電気探査について

物理探査部　小野吉彦

皆神山の東を通りほぼ北西一南東に走る，約 9.5km の測線において深部電気探査を実施した。探査結果は地質構造および重力探査結果と調和的であるが，皆神山以南で比抵抗が顕著に低下している。

**月例研究発表会講演要旨
昭和41年11月10日本所において開催。

7） 松代地震地域における地化学探査

技術部 永田松三・伊藤司郎

主として油田・ガス田に適用されてきた地下地質構造の地化学的探査法を上記地域に応用し，その可能性を追究した。きわめて短期間の調査日程であつたので，方法論の可否を検討するに止まり，結果の充分な解析は今後の研究にまたねばならぬが，重力探査により推定された地下構造線と斜交する測線の測定結果は予期された地点に異常点があり，将来に希望をいだかせるものであつた。調査法の検討，測定結果，今後明らかにせねばならぬ問題点などを報告する。

8） 松代地域の温泉と地すべり

応用地質部 中村久由

地震に伴つて変動する温泉の水温，湧出量，化学成分の変化を知るために，松代町で 2 カ所，更埴市で 2 カ所，若穂町に 1 カ所観測地点を設けて今年 2 月はじめから継続観測を実施中である。また今年 9 月発生した牧内地区の地すべりおよび地割れと湧水の化学成分を調査分析した。現在まで得られた結果では，地震に伴う変動の著しい湧水は食塩，重曹含有で特徴づけられる温泉質のものであり，牧内の地すべり発生地域の湧水もこの化学成分をもつものである。概括的にいえば，破砕帯を満す温泉が割目の生成によつて湧出量に変化を生じ，ひいては地すべり発生の素地をつくつたものといえよう。

# 地 質 調 査 所 月 報

第 17 巻

1966

# 地質調査所月報 第17巻 総目次

## 地方別


調査者　題名　号　頁

〔全　国〕

徳永重元：地質調査所における石炭調査研究の概要（昭和35年～40年）……10, 655

〔北海道〕

山口昇一：北海道東部“豊頃―北見帯”の新第三系（第1報）――津別―本別間の新第三系層序について――……11, 673

根本隆文・山屋政美：天北炭田西部地区曲淵地域地質調査報告……6, 344

松井　寛・山屋政美：北海道天塩郡幌延町間寒別北西部と旧幌延炭砿付近の地質…6, 319

市川金徳：石狩炭田北部音江山地域新城南部の地震探査について……12, 784

〔東　北〕

Ken Shibata & Tamotsu Nozawa : K-Ar Age of the Nihonkoku Gneiss, Northeast Japan……7, 426

小尾中丸：岩手県西部地域自動車放射能探査報告……2, 87

森　和雄・池田喜代治：仙台市南東部から福島県太平洋岸一帯の地域地下水について……9, 551

須貝貫二・星野一男：宮城県伊具含炭地における中新統中の放射能異常について…8, 480

平沢　清：秋田県十和田町付近における地震探査について　―北鹿地帯における地震探査　第1報―……10, 633

市川金徳：秋田県大館西方における地震探査について　―北鹿地帯における地震探査　第2報―……10, 642

矢崎清貫・影山邦夫・宮下美智夫・鈴木尉元：秋田県鹿角郡八幡平付近の地質について（その1）……10, 624

矢崎清貫：秋田県鹿角郡八幡平付近の地質について（その2）……11, 716

牧　真一・矢崎清貫・比留川貴・米谷　宏：山形県下のヘリウム資源について……11, 695

尾上　亨：山形県小国町から産する沖庭化石植物群の特徴（その1）……8, 491

須田芳朗・細野武男：福島県勿来地区重力探査報告……9, 575

〔関　東〕

小尾中丸：栃木県北部地域自動車放射能探査報告……2, 91

石山尚珍：東京近海の現生種貝類の調査……4, 223

小野寺公児・向井清人・丸山修司：千葉県磯根岬南部海域の海況と砂鉄の分布形態について……3, 153

丸山修司・堀本健次・河内英幸・小野寺公児・向井清人・石橋嘉一・後藤　進・斎藤友三郎・服部富雄：千葉県君津湾磯根岬北部海域の海底表層（新期）堆積物と海底砂鉄（第1報）―東京湾口・君津湾海域の海底砂鉄調査研究―……5, 269

丸山修司・小野寺公児・堀本健次・河内英幸・向井清人・石橋嘉一・後藤　進・中川忠夫・佐々木雅一・青木市太郎：東京湾口・君津湾南半部の海底新期（表層）堆積物と海底砂鉄（第2報）―君津湾内新期堆積物について―付．主要な調査技術の概況について……10, 603

〔中　部〕

青柳信義・坊城俊厚：飯豊山地南西部における新第三系の放射能強度について（その1　新潟県津川町付近）……8, 451

坊城俊厚・青柳信義・鈴木泰輔：飯豊山地南西部における新第三系の放射能強度について（その2　新潟県三川村およびその周辺地域）……8, 459

坊城俊厚・松井　寛：飯豊山地南西部における新第三系の放射能強度について（その3　新発田市周辺）……8, 472

松原秀樹：山梨県金峯山地域の花崗岩類とペグマタイト……9，543
杉山友紀・中井順二・金谷　弘：長野県松本市地方自動車放射能探査報告……2，95
岸　和男・菅野敏夫・後藤隼次：松本盆地北部の地下水……4，187
片田正人・大森貞子：領家帯の変成粗粒砂岩の化学成分……12，749
大森江い・片田正人：塩基性岩との接触部でみられる花崗岩の成分変化の1例……12，756
鈴木泰輔・尾上　亨：岐阜県瑞浪市北方地域の地質と放射能異常について……2，75
Ken Shibata & Tamotsu Nozawa : K-Ar Ages of Hida Metamorphic Rocks, Amo-Tsunokawa Area and Oki Area, Japan……7，410
Ken Shibata & Tamotsu Nozawa : K-Ar Age of the Granodiorite in a Pit of the Amo Mine, Hida Mountains, Japan……7，417
Ken Shibata & Tamotsu Nozawa : K-Ar Age of the Shimonohara Quartz diorite, Hida Mountains, Japan……7，422

〔近　畿〕

堀川義夫・中井順二：自動車放射能探査による三重県中部地域の放射能強度分布…2，98
岸　和男・菅野敏夫：滋賀県安曇川扇状地の地下水……11，683
稲井信雄・石田志郎：大阪府北摂地区観測井ヨアの地質学的考察……3，169
塚脇祐次：兵庫県津名郡五色町地域の放射能強度調査報告……8，517
松原秀樹・坂本　亨・上村不二雄：兵庫県北西部の地質　—とくに照来層群の堆積機構と放射能強度分布について—…2，65

〔中　国〕

Ken Shibata & Tamotsu Nozawa : K-Ar Ages of Hida Metamorphic Rocks, Amo-Tsunokawa Area and Oki Area, Japan……7，410
東元定雄：山口・島根県下自動車放射能異常地点について……8，497
東元定雄：岡山県金光・玉島地区放射能強度分布……8，517
東元定雄：山口・島根県下自動車放射能探査放射能異常地点について……8，497
坊城俊厚・尾上　亨：山口県下関市の第三系について……5，253

〔四　国〕

清島信之：昭和34年度四国管内放射能調査報告……8，502
春城清之助：徳島県槇山・東条地区含銅硫化鉄鉱調査……4，239
清島信之：徳島県阿南市および那賀郡鷲敷町地内（那賀川左岸）石灰石調査報告…3，176
佐藤良昭・鈴木泰輔・丹治耕吉：香川県小豆島の放射能強度について……2，104
清島信之：愛媛県上浮穴郡下放射能強度調査報告……2，112

〔九　州〕

高橋　稠・後藤隼次：佐賀・福岡県筑紫平野東部地域における工業用地下水源……12，764
村下敏夫・菅野敏夫・村上　篁：長崎県郡川扇状地の地下水……4，213
岸本文男・高島　清・加藤甲壬・永井　茂・窪木時雨郎・茅山芳夫・小村幸二郎・大竹重吉：大分県鯛生鉱山金銀鉱脈周辺における水銀の分布について…7，391
清島信之：宮崎県南部地区放射能強度分布調査報告……8，509
太田良平：鹿児島県指宿地方地質調査報告……3，129
瀬谷　清：鹿児島県指宿地熱地帯の重力分布ならびにその地下構造について……3，140
岸本文男・加藤甲壬・高島　清・永井　茂・窪木時雨郎・茅山芳夫・井上正文・佐々木雅一：鹿児島県大口鉱山金銀鉱脈周辺における水銀元素の分布について（その3）……1，1
M Kawano, K. Takahashi & T. Nozawa : Petrochemistry of Minami-ōsumi Granite in the Uchinoura Area, Kyushu, Japan……9，533
Ken Shibata & Tamotsu Nozawa : K-Ar Ages of Granites from Amami-

ōshima, Ryukyu Islands, Japan 7, 430

〔エクアドル〕

番場猛夫・ホセ エレラ：エクアドル北部におけるアンデス山脈の地質学的研究…1, 18

〔研 究〕

Atiq Ahmad Syed & Kiyoshi Hirasawa : On the Analysis of Time-distance Curves Utilizing Refraction Method—Comparison between the Graphical Method and Hagiwara's Method Using a Model and Field Example—……1, 43
堀本健次・小野寺公児・丸山修司：海底地質調査技術の開発について —水中テレビ機による予備実験—……5, 293
田中憲一・片田正人：カラーインデックス……5, 300

〔海 外 資 料〕

M. K. Govindaraju：珪酸塩岩および天然珪酸塩の分光分析 主成分元素の定量……12, 807
V. V. Belousov：地質学の将来の展望……9, 587
F. A. Alexeyev, 他：中性子パルス検層法……1, 52
S. L. Abramyan, 他：検層用放射線測定器……2, 116
I. G. Dyad'kin：坑井のガンマ－ガンマ検層理論について……10, 662
V. A. Aprodov：台地と地向斜について……5, 301
G. D. Afanashev, 他：若干の地質系・統の境の年代をきめるための資料……11, 723
A. I. Kholin, 他：岩石の化学組成研究における捕獲γ線および放射化スペクトル測定の応用……7, 436
Yu. P. Bulashevich, 他：天然の状態における鉱石組成測定のための放射能探査法の応用……6, 374
M. M. Sokolov, 他：鉱床現場における元素定量に関するγ線エネルギー分析の若干の問題……8, 518
E. V. Koreneva：日本海海底2カ所における胞子－花粉分析……4, 243
L. V. Golibeva：東シベリア更新世の代表的氷河周辺の植物について……3, 181

## CONTENTS OF VOLUME XVII


| Reporters | Title | No. | Page |
|---|---|---|---|
| (GEOLOGY) | | | |
| (Regional Geology) | | | |
| Yazaki, K., Kageyama, K., Miyashita, M. & Suzuki, Y. | Geology of Hachimantai District, Kazuno-gun, Akita Prefecture | 10, | 624 |
| Matsubara, H., Sakamoto, T. & Ue-mura, F. | Geology of the Northwestern Part, Hyōgo Prefecture | 2, | 65 |
| Ota, R. | Geological Report on Ibusuki District, Kagoshima Prefecture | 3, | 129 |
| Bamba, T. & Herrera, J. | Perfil Geologico de los Andes Ecuatorianos | 1, | 18 |
| (Geophysics) | | | |
| Seya, K. | On the Gravity Anomalies in the Ibusuki Geothermal Area, Kagoshima Prefecture | 3, | 140 |
| Obi, N. | Radiometric Survey with a Car-mounted Instrument in the Western Part of Iwate Prefecture | 2, | 87 |
| Sugai, K. & Hoshino, K. | Radioactive Anomalies in the Coal-bearing Miocene Sediments of the Igu Lignite Field, Miyagi Prefecture, Northeast Japan | 8, | 480 |
| Obi, N. | Radiometric Survey with a Car-mounted Instrument in the Northern Part of Tochigi Prefecture | 2, | 91 |
| Aoyagi, N. & Bojo, T. | On the Radioactive Intensity of the Tertiary in the Tsugawa Area, Niigata Prefecture | 8, | 451 |
| Bojo, T. & Matsui, H. | On the Radioactive Intensity of the Neogene Tertiary in the Vicinity of Shibata City, Niigata Prefecture | 8, | 472 |
| Sugiyama, T., Nakai, J. & Kanaya, H. | Radiometric Survey with a Car-mounted Instrument in the Matsumoto District of Nagano Prefecture | 2, | 95 |
| Horikawa, Y. & Nakai, J. | Radiometric Survey with a Car-mounted Instrument in the Central Part of Mié Prefecture | 2, | 98 |
| Higashimoto, S. | On the Radioactively Anomalous Sites Detected by the Carborne Radiometric Survey in Yamaguchi and Shimane Prefectures | 8, | 497 |
| Kiyoshima, N. | Radiometric Survey at the Southern Part of Miyazaki Prefecture | 8, | 509 |
| Kiyoshima, N. | Radiometric Survey at the Shikoku District in 1959 | 8, | 502 |
| (Applied Geology, Prospecting Tests) | | | |
| Syed, A.A. & Hirasawa, K. | On the Analysis of Time-distance Curves Utilizing Refraction Method—Comparison between the Graphical Method and Hagiwara's Method Using a Model and Field Example— | 1, | 43 |

Horimoto, K., Onodera, K. & Maruyama, S. : An Experiment on the Use of "UWTS" ..... 5, 293

(Determination of Geological Age)

Shibata, K. & Nozawa, T. : K-Ar Age of the Nihonkoku Gneiss, Northeast Japan ..... 7, 426

Shibata, K. & Nozawa, T. : K-Ar Age of the Shimonohara Quartz-diorite, Hida Mountains, Japan ..... 7, 422

Shibata, K. & Nozawa, T. : K-Ar Age of the Granodiorite in a Pit of the Amo Mine, Hida Mountains, Japan ..... 7, 417

Shibata, K. & Nozawa, T. : K-Ar Ages of Hida Metamorphic Rocks, Amo-Tsunokawa Area and Oki Area, Japan ..... 7, 410

Shibata, K. & Nozawa, T. : K-Ar Ages of Granites from Amami-ōshima, Ryukyu Islands, Japan ..... 7, 430

(Ground Water)

Mori, K. & Ikeda, K. : Investigation on Ground Water between the Southeastern Part of the Sendai City and the Coastal Districts of Fukushima Prefecture ..... 9, 551

Kishi, K., Kanno, T. & Gotō, H. : Investigation for Ground Water Resources in the Northern Part of the Matsumoto Basin ..... 4, 187

Kishi, K. & Kanno, T. : Ground Water of the Ado River Fan, Shiga Prefecture ..... 11, 683

Takahashi, S. & Gotō, H. : Ground-water Resources for Industry on the Eastern Part of Chikushi Plain, Saga and Fukuoka Prefectures ..... 12, 764

Murashita, T., Kanno, T. & Murakami, T. : Ground Water in the Kohri River Basin, Nagasaki Prefecture ..... 4, 213

(Stratigraphy, Historical Geology)

Suzuki, T. & Onoé, T. : On the Geology and the Radiometric Survey at the North Area of Mizunami City, Gifu Prefecture ..... 2, 75

Bojo, T. & Onoé, T. : On the Tertiary in the City of Shimonoseki, Yamaguchi Prefecture, Southwestern Japan ..... 5, 253

Yamaguchi, S. : Neogene Tertiary of "Toyokoro-Kitami Belt"—Neogene Tertiary Stratigraphy in the Tsubetsu-Honbetsu District— ..... 11, 673

(Petrology)

Tanaka, K. & Katada, M. : Colour Index ..... 5, 300

Katada, M. & Ohmori, T. : Chemical Composition of Metamorphosed Coarse-grained Sandstones in the Ryōke Metamorphic Belt ..... 12, 749

Ohmori, E. & Katada, M. : A Chemical Change of Granite in contact with a Basic Rock ..... 12, 756

Matsubara, H. : Granites and Pegmatites in the Area of Mt. Kimpu-zan, Yamanashi Prefecture ..... 9, 543

Kawano, M., Takahashi, K. & Nozawa, T. : Petrochemistry of Minami-ōsumi Granite in the Uchinoura Area, Kyushu, Japan ..... 9, 533

(Economic Geology)

Maruyama, S., Onodera, K., Horimoto, K., Kawachi, H., Mukai, K., Ishibashi, K., Gotō, S., Nakagawa, T., Sasaki, M. & Aoki, I. : On the Geology of the Uppermost Layers of Recent Sediments and Iron Sand in the Southern Half of Kimitsu Bay, the Mouth of Tokyo Bay ..... 10, 603

Maruyama, S., Horimoto, K., Kawachi, H., Onodera, K., Mukai, K., Ishibashi, K., Gotō, S., Saito, T. & Hattori, T. : On the Submarine Recent Sediments and Iron Sand in the Northern Part of Isone-zaki, Chiba Prefecture ..... 5, 269

Kishimoto, F., Takashima, K., Katō, K., Nagai, S., Kuboki, J., Kayama, Y., Komura, K. & Otake, S. : On the Mercury-dispersion Halos of the Environs of Gold-Silver Veins, Taio Mine, Ōita Prefecture ..... 7, 391

Kishimoto, F., Katō, K., Takashima, K., Nagai, S., Kuboki, Z., Kayama, Y., Inoue, M. & Sasaki, M. : On the Mercury-dispersion in the Environs of Gold-Silver Veins, Okuchi Mine, Kagoshima Prefecture (Part 3) ..... 1, 1

Onodera, K., Mukai, K. & Maruyama, S. : On the Sea Condition and Distribution of Iron Sand near the Cape Isonezaki, Chiba Prefecture ..... 3, 153

Bojo, T., Aoyagi, N. & Suzuki, T. : On the Radioactive Intensity and Uraniferous Beds of Neogene in Mikawa-mura and its Vicinity, Niigata Prefecture, Northeastern Japan ..... 8, 459

Kiyoshima, N. : A Report on the Limestone Deposit in Anan City and Wajiki-machi, Naka-gun, Tokushima Prefecture—Along the Left Bank of the Naka River— ..... 3, 176

Maki, S., Yazaki, K., Hirukawa, T. & Yonetani, H. : Exploration for Helium Resources in Yamagata Prefecture, Japan ..... 11, 695

Nemoto, T. & Yamaya, M. : Report on the Geological Survey in Magaribuchi, the Northwestern Part of Tempoku Coal Field, Hokkaido ..... 6, 344

Matsui, H. & Yamaya, M. : Report on the Geological Survey of Toikambetsu and Horonobe, the Southern Part of Tempoku Coal Field, Hokkaido ..... 6, 319

Suda, Y. & Hosono, T. : Gravity Survey in the Nakoso District, Fukushima Prefecture ..... 9, 575

(PALEONTOLOGY)

Onoé, T. : On Some Characteristics of the Okiniwa Flora at Oguni-

machi, Yamagata Prefecture (Part 1) ..... 8, 491

(ZOOLOGY)

Ishiyama, S. : Mémoire quant aux espèces d'écailles habitantes dans les mers voisines de Tokio ..... 4, 223

地質調査所月報　第18巻　第1号　目次


報　文

大谷石の地質と採掘に関連する崩壊

概　報

奈良県宇陀郡室生村・山辺郡都祁村村界地域の耐火粘土・珪石鉱床調査報告

地質調査所構内における S 波速度の測定

資　料

ARL カントメーターの光電分光法による珪酸塩岩石の分析と標準岩石によるカントメーターの較正



地質調査所への連絡は

| | |
|---|---|
| 本　　所 | 神奈川県川崎市久本135番地　電話　(044) 83—3171 |
| 東京分室 | 東京都新宿区河田町8番地　電話 (341)　7131～8番 |
| 北海道支所 | 北海道札幌市南1条西18丁目　電話 (61) 4465番 |
| 仙台駐在員事務所 | 仙台市外記丁105番地　(仙台合同庁舎内) 電話 (21) 4701番 |
| 名古屋駐在員事務所 | 名古屋市中区南外堀町6の1 (名古屋総合庁舎内) 電話 (941) 6416番 |
| 大阪駐在員事務所 | 大阪市東区杉山町1番地　電話 (941) 3969番 |
| 広島駐在員事務所 | 広島市基町9番42号 (広島通産局内) 電話 (21) 1945番 |
| 四国駐在員事務所 | 高松市花の宮町2丁目3－3 (大工試四国支所内) 電話 (3) 3254番 |
| 福岡駐在員事務所 | 福岡市石城町14の10 (通産省福岡合同庁舎内) 電話 (28) 6743番 |



昭和41年12月20日　印　刷
昭和41年12月25日　発　行

工業技術院地質調査所

印刷者　小　林　孝　次
東京都墨田区東両国3の40
印刷所　泰成印刷株式会社
東京都墨田区東両国3の40



© 1966　Geological Survey of Japan

U.D.C. 55 (05)

# BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Konosuke Sato, Director

Vol. 17 DECEMBER 1966 No. 12

CONTENTS

M. KATADA & T. OHMORI : Chemical Composition of Metamorphosed Coarse-grained Sandstones in the Ryōke Metamorphic Belt ..... 1 (749)

E. OHMORI & M. KATADA : A Chemical Change of Granite in contact with a Basic Rock ..... 8 (756)

S. TAKAHASHI & H. GOTŌ : Ground-water Resources for Industry in the Eastern Part of Chikushi Plain, Saga and Fukuoka Prefectures ..... 16 (764)

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto-chō, Kawasaki-shi, Japan

地質調月
Bull. Geol. Surv. J.
Vol. 17, No. 12, 1966